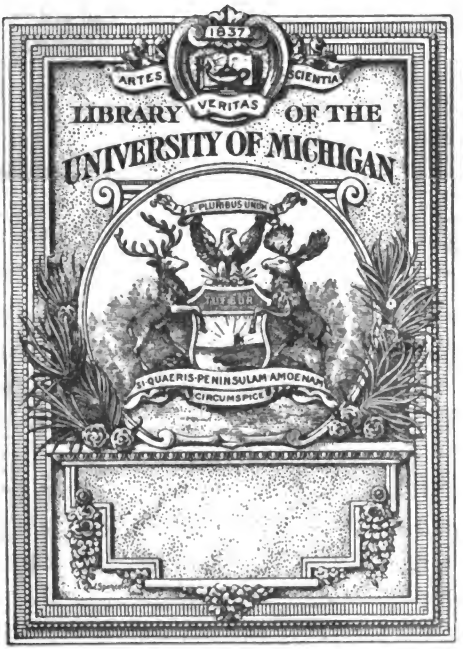
Gletscherkunde

Fritz Machatschek

Sammlung



Digitized by Google

QE
576
.M15

Geographische Bibliothek

aus der Sammlung Göschen.

Jedes Bändchen elegant in Leinwand gebunden **80 Pfennig.**

Physische Geographie von Dr. Siegm. Günther, Professor an der Königl. Technischen Hochschule in München. Mit 32 Abbildungen Nr. 26.

Astronomische Geographie von Dr. Siegm. Günther, Professor an der Königl. Technischen Hochschule in München. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.

Klimakunde. I: **Allgemeine Klimalehre** von Professor Dr. W. Köppen, Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Tafeln und 2 Figuren. Nr. 114.

Meteorologie von Dr. W. Trabert, Professor a. d. Universität in Innsbruck. Mit 49 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 54.

Physische Meereskunde von Prof. Dr. Gerhard Schott, Abteilungsvorsteher an der Deutschen Seewarte in Hamburg. Mit 39 Abbildungen im Text und 8 Tafeln. Nr. 112.

Gletscherkunde von Dr. Fritz Machaček in Wien. Mit 5 Abbildungen im Text und 11 Tafeln. Nr. 154.

Paläogeographie. Geologische Geschichte der Meere und Festländer von Dr. Franz Kossmat in Wien. Mit 6 Karten. Nr. 406.

Paläoklimatologie von Dr. Wilh. R. Eckardt in Weilburg a. Lahn. Nr. 482.

Das Eiszeitalter von Dr. Emil Werth in Berlin-Wilmersdorf. Mit 17 Abbildungen und einer Karte. Nr. 431.

Tiergeographie von Dr. Arnold Jacobi, Professor der Zoologie an der Königlichen Forstakademie zu Tharandt. Mit 2 Karten. Nr. 218.

Pflanzengeographie von Professor Dr. Ludwig Diels, Professor an der Universität Marburg. Nr. 389.

Länderkunde von Europa von Dr. Franz Heiderich, Professor an der Exportakademie in Wien. Mit 10 Textkärtchen und Diagrammen und einer Karte der Alpeneinteilung. Nr. 62.

— **der außereuropäischen Erdteile** von Dr. Franz Heiderich, Professor an der Exportakademie in Wien. Mit 11 Textkärtchen u. Profil. Nr. 63.

— **von Österreich-Ungarn** von Dr. Alfred Grund, Professor an der Universität Prag. Mit 10 Textillustrationen und 1 Karte. Nr. 244.

— **der Schweiz** von Professor Dr. H. Walser in Bern. Mit 16 Abbildungen und einer Karte. Nr. 398.

— **von Frankreich** von Dr. Richard Neuse, Direktor der Oberrealschule in Spandau. 1. Bändchen. Mit 23 Abbildungen im Text und 16 Landschaftsbildern auf 16 Tafeln. Nr. 466.

— — 2. Bändchen. Mit 15 Abbildungen im Text, 18 Landschaftsbildern auf 16 Tafeln und einer lithographischen Karte. Nr. 467.

Landeskunde der Iberischen Halbinsel v. Dr. Fritz Regel, Prof. a. d. Univ. Würzburg. M. 8 Kärtch. u. 8 Abb. i. Text u. 1 Karte i. Farbendruck. Nr. 235.

— **des Europäischen Rußlands nebst Finnlands** von Dr. A. Philippson, Professor der Geographie an der Universität Halle a. S. Nr. 359.

Wenden!

Digitized by Google

Landeskunde von Skandinavien (Schweden, Norwegen und Dänemark) von Kreisschulinspektor Heinrich Kerp in Krenzburg. Mit 11 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 202.

Die Alpen v. Dr. Rob. Sieger, Professor an der Universität Graz. Mit 19 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 129.

Landes- und Volkskunde Palästinas von Privatdozent Dr. G. Hölscher in Halle a. S. Mit 8 Vollbildern und einer Karte. Nr. 345.

Landeskunde von Britisch-Nordamerika von Professor Dr. A. Oppel in Bremen. Mit 13 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 284.

— **der Vereinigten Staaten von Nordamerika** von Prof. Heinrich Fischer in Berlin. Mit Karten, Figuren im Text und Tafeln. 2 Bändchen. Nr. 381, 382.

— **der Republik Brasilien** von Rodolpho von Ihering. Mit 12 Abbild. und einer Karte. Nr. 373.

— **und Wirtschaftsgeographie des Festlandes Australien** von Dr. Kurt Hassert, Professor an der Handelshochschule in Köln. Mit 8 Abbildungen, 6 graphischen Tabellen und 1 Karte. Nr. 319.

— **des Königreichs Bayern** von Dr. W. Götz, Professor an der Königl. Techn. Hochschule München. Mit Profilen, Abb. und 1 Karte. Nr. 176.

— **des Königreichs Württemberg** von Dr. Kurt Hassert, Professor an der Handelshochschule in Köln. Mit 16 Vollbildern und 1 Karte. Nr. 157.

— **des Königreichs Sachsen** von Dr. J. Zemmrich, Oberlehrer am Realgymnasium in Plauen. Mit 12 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 258.

— **von Baden** von Professor Dr. O. Kienitz in Karlsruhe. Mit Profilen, Abbildungen und 1 Karte. Nr. 199.

— **des Großherzogtums Hessen, der Provinz Hessen-Nassau und des Fürstentums Waldeck** von Prof. Dr. Georg Greim in Darmstadt. Mit Profilen, Abbildungen und 1 Karte. Nr. 376.

— **von Elsaß-Lothringen** von Prof. Dr. R. Langenbeck in Straßburg i. E. Mit 11 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 215.

— **der Großherzogtümer Mecklenburg und der Freien und Hansestadt Lübeck** von Realschuldirektor Dr. Sebald Schwarz in Lübeck. Mit 17 Abbildungen und Karten im Text, 16 Tafeln und einer lithographischen Karte. Nr. 487.

— **der Rheinprovinz** von Dr. W. Steinecke, Direktor des Realgymnasiums in Essen. Mit 9 Abb., 3 Kärtchen u. 1 Karte. Nr. 308.

Die deutschen Kolonien I: Togo und Kamerun von Prof. Dr. K. Dove. Mit 16 Tafeln und einer lithogr. Karte. Nr. 441.

— II: **Das Südseegebiet und Kiautschou** von Prof. Dr. K. Dove. Mit 16 Tafeln und einer lithogr. Karte. Nr. 520.

Völkerkunde von Dr. Michael Haberlandt, Privatdozent an der Universität Wien. Mit 56 Abbildungen. Nr. 73.

Kartenkunde, geschichtlich dargestellt von E. Gelcich, Direktor der k. k. Nautischen Schule in Lussinpiccolo, F. Sauter, Professor am Realgymnasium in Ulm und Dr. Paul Dinse, Assistent der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin, neu bearbeitet von Dr. M. Groll, Kartograph in Berlin. Mit 71 Abbildungen. Nr. 30.

Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 1. Aletschgletscher mit Märjelensee. Nach einer Photographie von Sommer, Neapel.

Digitized by Google

Sammlung Göschen

Gletscherkunde

Von

Dr. Fritz Machaček

in Wien

Mit 5 Abbildungen im Text und 11 Tafeln

Leipzig

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung

1902

Digitized by Google

Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht von der Verlagshandlung vorbehalten.

Maschinensatz und Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.

Digitized by Google

Inhaltsverzeichnis.

		Seite
I.	Die Gletscher im allgemeinen; Schneeregion und Schneegrenze	5
II.	Der Haushalt des Gletschers	17
	1. Die Ernährung des Gletschers	17
	2. Die Ablation	19
	3. Die Ablationsformen der Gletscheroberfläche	23
	4. Abschmelzung im Innern und am Boden des Gletschers	28
	5. Der Gletscherbach	31
III.	Das Material des Gletschers und seine Struktur	35
	1. Der Schnee im Hochgebirge	35
	2. Firn und Firneis	38
	3. Das Gletschereis	39
IV.	Die Bewegung der Gletscher	49
	1. Die Tatsachen der Bewegung	49
	2. Die Spalten des Gletschers	58
	3. Die Entstehung der Gletscherbewegung	62
V.	Die Beziehungen des Gletschers zu Umrahmung und Untergrund	68
	1. Bewegte Moränen	69
	2. Die abgelagerten Moränen	75
	3. Die fluvioglazialen Bildungen	77
	4. Wirkungen des Gletschers auf den Untergrund	78
VI.	Die geographische Verbreitung der Gletscher	81
	1. Die Gletscher der Tropenzone	82
	2. Die Gletscher der nördlichen gemäßigten Zone	83
	3. Die Gletscher der südlichen gemäßigten Zone	98
	4. Die Gletscher der arktischen Zone	100
	5. Die Gletscher der antarktischen Zone	107
VII.	Die Gletscherschwankungen	109
VIII.	Die Eiszeit	118

Digitized by Google

Empfehlenswerte Literatur.

Von zusammenfassenden Darstellungen oder solchen, die ihr Thema erschöpfend und auf Grund der neuesten Beobachtungen darstellen, seien genannt:

A. Mousson, Die Gletscher der Jetztzeit, Zürich 1854.

A. Heim, Handbuch der Gletscherkunde, Stuttgart 1885. (Unübertreffliche Zusammenstellung des gesammten Materiales, vielfach mit eigenen Beobachtungen durchsetzt; zweite Auflage in Vorbereitung).

Ed. Richter, Die Gletscher der Ostalpen, Stuttgart 1888.

R. Emden, Ueber das Gletscherkorn, Zürich 1891.

E. v. Drygalski, Grönlandexpedition, I. Band, Berlin 1897.

Ferner sei verwiesen auf die Publikationen des Deutschen und Oesterr. Alpenvereins (dessen „Zeitschrift" hier immer mit Z. A. V. abgekürzt), namentlich auf:

Finsterwalder, Vernagtferner, Wissensch. Ergänzungshefte zur Z. A. V., 1. Heft, Graz 1897.

Blümcke und Hess, Untersuchungen am Hintereisferner, Ebda., 2. Heft, München 1899.

Vgl. auch die Hinweise im Texte.

Digitized by Google

I. Die Gletscher im allgemeinen; Schneeregion und Schneegrenze.

Eine kurze Fahrt bringt uns aus den Niederungen des Alpenvorlandes in eines der Hochtäler unserer Alpen. Wir wandern talaufwärts und steigen sodann steil am Gehänge des Talschlusses hinan. Bald haben wir die Zone des angebauten Landes hinter uns und treten in hochstämmigen Nadelwald. Nach wenigen Stunden wird der Wald immer dürftiger; endlich hört die geschlossene Waldbedeckung auf, wir haben die Waldgrenze überschritten und befinden uns in der Almregion des Gebirges. Nur einzelne wetterfeste Bäume, die „Wetterfichten", steigen noch bis etwa 2200 m hinan, oder es bedeckt niedriges Legföhren- oder Erlengebüsch den Almboden. Schon hier begegnen wir vereinzelten Flecken von Schnee an geschützten Stellen; vor uns aber in der Höhe sehen wir eine in der Sonne glitzernde, blendend weiße Fläche, die bis hinauf zu den höchsten Zinnen des Gebirges reicht. Sie ist der oberste Teil, das Firnfeld des Gletschers, dem unsere Wanderung gilt. Die Schneeflecken werden größer, zusammenhängender, nur durch nackte Felspartien unterbrochen; wir haben die Schneeregion erreicht. Um einen Ueberblick zu gewinnen, besteigen wir einen vorspringen-

Digitized by Google

den Felskopf. Da liegt vor uns ausgebreitet, wie ein breiter, majestätischer Strom, der mitten im Aufschäumen erstarrt ist, der Gletscher, dessen Firnfeld wir vorhin sahen. Schon auf den ersten Blick vermögen wir eine Zweiteilung seiner Fläche vorzunehmen. Vom Hauptkamm des Gebirges laufen Seitenäste, Nebenkämme aus; sie umschließen eine breite flache Mulde, die ganz von Schnee erfüllt zu sein scheint. Aber an manchen Stellen blinkt blankes Eis daraus hervor; das lehrt uns, daß der Schnee nur die Hülle einer gewaltigen Masse von „Firneis“ [1]) ist, die sich im Firnfeld angesammelt hat. Dieses ist das Sammelgebiet des Gletschers, bei dem wir wieder die hochgelegenen, ebenen Firnflächen von dem muldenförmig gebauten Teil, dem Sammelbecken, unterscheiden können, in dem die Firnmassen zusammenströmen. Aus diesem fließt der eigentliche Eisstrom, die Gletscherzunge, ab. Schon der erste Eindruck ist in allen Stücken der eines Stromes. Sie folgt dem allgemeinen Talgefälle, schmiegt sich den Windungen des Tales an, staut sich an Vorsprüngen und in Verengungen des Bettes und breitet sich in Talweitungen aus; der Eisstrom stürzt in Kaskaden gleich einem Wasserfalle über Felsschwellen herab, an deren Fuß sich die Eistrümmer wieder sammeln. Ebenso wie ein Strom aus der Vereinigung mehrerer Flüsse entsteht, so vereinigen sich mehrere Gletscherzungen, jede aus einem Tale kommend, zu einem zusammengesetzten Gletscher, in dem die einzelnen Teile ihre Selbständigkeit bis ans Ende wahren, wobei die kleineren Zuflüsse sich der Bewegungsrichtung des

[1]) Firn = alter, vorjähriger Schnee.

Digitized by Google

größeren Eisstromes anschmiegen.[1]) Wie schließlich der Wüstenfluß im Sande versiegt, wenn die Sonne ihn aufgezehrt hat, so ist auch dem Eisstrom ein Ziel gesetzt. Das Gletscherende liegt dort, wo die Zufuhr von oben nicht mehr ausreicht, um den beständig nach unten wachsenden Verlust durch die Abschmelzung wettzumachen.

Der Gletscher bildet ein belebendes Element des Landschaftsbildes. Das Weiß seines Firnfeldes, das leuchtende Blau des Gletschereises, das aus Spalten und Höhlen hervorschimmert, hebt sich prächtig ab von der dunkeln Felsumrahmung und dem Grün der Wiesen und Wälder, zu denen die Gletscherzunge herabsteigt. Die Farbenpracht unserer Hochgebirge wird wesentlich gehoben durch das Vorhandensein von Gletschern, in großem Gegensatz zu den Gebirgen, in denen ein allzu trockenes Klima die Gletscherbildung verhindert, und wo die höchsten Regionen in ein trostlos einförmiges Blockmeer gehüllt sind.

Bei unserer Wanderung sahen wir die Schneeregion dadurch charakterisiert, daß hier große und zusammenhängende Flächen von „ewigem" Schnee bedeckt sind. Diese Erscheinung ist eine Folge der Tatsache, daß ein Anstieg im Gebirge uns in immer kältere Regionen bringt. Der Betrag dieser Temperaturabnahme mit der Höhe ist ein ziemlich gleichmäßiger, nämlich etwas über ½ ° C. bei einer Erhebung um 100 m. Wir gelangen also nach oben in Höhen, in welchen die ganze Wärme eines Jahres nicht mehr ausreicht, um den im

[1]) Beispiele für mehrfach zusammengesetzte Gletscher in den Alpen: Gorner-Gl. (Monte-Rosa-Gruppe), bestehend aus 5 Hauptarmen und 8 Zuflüssen, der Unteraargletscher (Berner Oberland) aus im ganzen 14 Zuflüssen. In der Regel sind auch die Firnbecken zusammengesetzt, indem mehrere durch Gräte getrennte Mulden einen gemeinsamen Ausfluß haben.

Digitized by Google

Laufe desselben Jahres gefallenen Schnee zu schmelzen; es bleibt also jedes Jahr eine gewisse Menge Schnees übrig. Wir sprechen daher von „ewigem" Schnee, in dem Sinne natürlich, daß eine ewige Bedeckung der Schneeregion mit Schnee gemeint ist, und nennen Schneegrenze jene Höhenlinie, bis zu welcher die dauernde Schneebedeckung reicht. Ihr Verlauf ist aber nicht nur von der herrschenden Temperatur und der Menge des Schnees, welche geschmolzen werden soll, abhängig, er ist auch in derselben Gebirgsgruppe verschieden, je nach der Beschaffenheit und Lage des Gehänges. An steilen Wänden haftet Schnee überhaupt nicht, sie bleiben daher auch in den größten Höhen stets schneefrei; hingegen erhält sich Schnee in schattigen Schluchten und unter dem Schutze von Wänden noch in recht geringer Meereshöhe. Die nach Süden schauenden Gehänge werden von den Sonnenstrahlen unter relativ steileren Winkeln getroffen als die nach Norden exponierten; daher reicht auf jenen die Schneebedeckung nicht so tief als auf diesen. Aber auch an derselben Stelle ist die Lage der Schneegrenze sehr verschieden nach den einzelnen Jahrgängen. Nach schneearmen Wintern wird die Sommersonne leichter mit der Schneeschmelze fertig; die Gehänge werden viel höher hinauf schneefrei oder „aper".[1]) wie der Aelpler sagt, als nach schneereichen Wintern. So wechselt der Verlauf der Schneegrenze oder die untere Grenze der Schneeregion von Ort zu Ort und von Jahr zu Jahr.

Um daher für verschiedene Gebirge vergleichbare Werte zu erhalten, versteht man unter der klima-

[1]) „aper" vom lat. apricus, sonnig, schneefrei, ausapern = schneefrei werden.

Digitized by Google

tischen Schneegrenze jene Linie, oberhalb welcher die Sonnenwärme nicht mehr ausreicht, um den auf horizontaler Fläche im Laufe eines Jahres gefallenen Schnee zu schmelzen. Eine solche Linie ist natürlich in der Natur in der Regel nicht vorhanden, da horizontale Flächen im Gebirge in größerer Ausdehnung fehlen; sie ist also eine mathematische oder gedachte Linie. Man unterscheidet von ihr als orographische Schneegrenze jene Linie, welche die unteren Ränder der in geschützter Lage vorkommenden, dauernden Schneeflecken und Schneefelder verbindet.[1]) Man spricht schließlich noch von einer temporären Schneegrenze als der Grenze der Schneebedeckung im Laufe des Jahres. Dieselbe steigt im Frühling allmählich an und erreicht im August ihren höchsten Stand. Sie fällt dann mit der orographischen Schneegrenze zusammen. Vom August an senkt sie sich gegen den Spätherbst rascher herab, als sie im Frühjahr angestiegen ist.

Die klimatische, sowie die orographische Schneegrenze schneiden auf ihrem Wege das Bereich der Gletscher und zerlegen dadurch die Gletscherfläche in einen unterhalb und einen oberhalb der Schneegrenze gelegenen Teil. Der letztere ist das Sammelgebiet des Gletschers, erfüllt von dem körnigen Firn; es gehört der Schneeregion an; die Gletscherzunge, der Abfluß des angesammelten Firns, liegt unterhalb der Schneegrenze; diese ist also die Grenze zwischen Firngebiet und Gletscherzunge. So entstand der Begriff der Firnlinie des Gletschers; sie scheidet den schneebedeckten Teil des Gletschers von dem apern Eisstrom. Für ihre Höhenlage gelten dieselben Erwägungen wie

[1]) Vgl. Ratzel, Z. A. V. 1889, S. 102 ff.

Digitized by Google

für die Lage der orographischen Schneegrenze; sie ist verschieden je nach der Auslage oder Exposition des Gletschers, und die Unterschiede können in derselben Gebirgsgruppe mehrere hundert Meter erreichen; die Höhe der Firngrenze wechselt aber auch auf demselben Gletscher nach den Jahrgängen; nach schneearmen Wintern und in heißen Sommern ist der Gletscher hoch hinauf aper, nach schneereichen Wintern reicht die Schneebedeckung oft noch im Spätsommer tief herab.

Eine direkte Beobachtung des Verlaufes der orographischen Schneegrenze oder der Firnlinie der Gletscher führt daher schwerlich zu vergleichbaren Werten. Man ist daher auf die Bestimmung der klimatischen Schneegrenze angewiesen, und man erhält dieselbe aus dem Ausmaß der Vergletscherung eines Gebirges. Brückner[1]) nahm an, daß das Areal der Getscherzunge im allgemeinen ⅓ von jenem des Firngebietes sei; die darauf beruhende Bestimmung der klimatischen Schneegrenze für die Hohen Tauern ergab aber durchaus zu hohe Werte. Hierauf hat Ed. Richter[2]) die Lage der Schneegrenze dadurch bestimmt, daß er für große Gletscher auch ein Verhältnis von Gletscherzunge zum Sammelgebiet wie 1 : 3 vorausfetzt und nun untersucht, inwieweit die diesem Verhältnis entsprechende Höhenlinie der wirklichen Gletscherentwickelung entspricht. Durch seine vorzügliche Gletscherkenntnis unterstützt, konnte Richter auf diesem Wege Schätzungswerte für die klimatische Schneegrenze in den Ost-Alpen und in Norwegen bestimmen. Kurowski[3]) fand, daß

[1]) Z. A. V. 1886, S. 163.
[2]) Gletscher der Ostalpen, S. 49 ff.
[3]) Pencks geograph. Abhandlungen V. 1.

Digitized by Google

die mittlere Höhe eines Gletschers, die sich auf Höhenschichtenkarten leicht berechnen läßt, seiner Firngrenze sehr nahe kommt. Bestimmt man dieselbe für alle Gletscher einer Gebirgsgruppe, so gewinnt man daraus einen sehr brauchbaren Wert für die Höhe der klimatischen Schneegrenze in der betreffenden Gruppe.[1]) —

Zur Bildung eines Gletschers ist ein bestimmtes Klima erforderlich, nämlich genügende Mengen von festem Niederschlag und tiefe Temperaturen. Eine wesentliche Bedingung ist aber auch eine entsprechende orographische Gestaltung desjenigen Teiles des Gebirges, der in die Schneeregion hinaufreicht. Sobald nur einzelne Gipfel oder konvexe Flächen über die Schneegrenze aufragen, wie es an isolierten Vulkanen der Fall, ist die Gletscherentwickelung nur sehr schwach, trotz einer relativ tiefen Lage der Schneegrenze, also trotzdem die klimatischen Bedingungen erfüllt sind (z. B. in den Anden des tropischen Amerika, am Argeus in Kleinasien). Notwendig ist das Vorhandensein weiter Mulden und Becken, in denen sich große Schneemassen ansammeln können. Nur dort also, wo ein zusammenhängendes, reich gegliedertes Relief über die Schneegrenze aufragt, können wir eine reiche Gletscherbildung erwarten. Aber ihr Charakter ist verschieden je nach der Gestaltung dieses Reliefs.

Die Hochregionen unserer Alpen sind aufgelöst in unzählige Spitzen, Zacken und scharfe Kämme, zwischen denen sich ausgedehnte Mulden und kesselförmige Hohlformen erstrecken. Diese bilden vorzügliche Sammelgebiete für den eigentlichen Eisstrom, der im Tale abwärts fließt. Wir bezeichnen diesen Vergletscherungs-

[1]) Das Nähere über die Lage der Schneegrenze in den einzelnen Gebirgen der Erde und über ihre klimatischen Bedingungen s. Kap. VI.

Digitized by Google

typus, den wir bisher allein berücksichtigten, als den alpinen, weil er in den Alpen zuerst erkannt wurde. Für denselben ist maßgebend die scharfe orographische Scheidung zwischen dem breiten, muldenförmigen Firngebiet und der langen schmalen Gletscherzunge. Derselbe Typus kehrt in vielen Kettengebirgen der Erde wieder, deren orographischer Bau dem der Alpen ähnlich ist, so im Kaukasus, Himalaya, Tian-schan, in den neuseeländischen Alpen.

Ganz anders gebaut sind die Massen- oder Plateaugebirge. Es fehlen ihnen die reich gegliederten Kämme und Mulden, statt dieser erstrecken sich in der Hochregion wellige, zumeist konvex gekrümmte Hochflächen und Plateaus. Ragen sie in die Schneeregion hinein, so erscheinen sie mit flachen, ausgedehnten Firnfeldern bedeckt, von deren Rändern zahlreiche, meist steile Gletscherzungen nach allen Seiten in die Täler abfließen. Das beste Beispiel hierfür bietet das skandinavische Hochgebirge. Während also beim alpinen Typus jeder Gletscher sein eigenes Firnfeld hat, das vom benachbarten durch scharfe Kämme und Schneiden getrennt ist, fehlen diese dem sog. norwegischen Vergletscherungstypus; viele Getscherzungen haben ein gemeinsames Sammelgebiet, das die hohe Plateaumasse des Gebirges, das sog. „Fjeld" bedeckt. (Fig. 2.)

Im hohen Norden, namentlich in Alaska, fließen die aus dem Gebirge kommenden Eisströme unten zusammen und bedecken als eine einheitliche Eismasse das Vorland oder den Fuß des Gebirges; ein solcher Gletscher ist in der Bewegungsrichtung kürzer, als er breit ist. Unter den jetzigen Gletschern ist der Malaspinagletscher in Alaska das beste Beispiel für diesen Vorland- (engl.: Piedmont-) Typus. Häufiger aber

Digitized by Google

waren solche Gletscher in einer vergangenen Periode der Geschichte unserer Erde, in der sog. Eiszeit. Damals herrschte ein für die Gletscherentwickelung günstigeres Klima als heute. Die Alpengletscher erfüllten die breiten Stromtäler und stiegen herab bis in das Alpenvorland, wo sich ihre Zungen berührten und vereinigten. So entstand eine große Vorlandvergletscherung, die am Nordrand der Alpen von der Gegend von Lyon bis nach Oberösterreich reichte. Zur selben Zeit floß eine ungeheure Eismasse, aus Skandinavien kommend, über die Ostsee und bedeckte den größten Teil von Norddeutschland und Nordrußland. Es entstand ein gewaltiges Binnen- oder Inlandeis. Denselben Typus treffen wir noch heute in Grönland, das von einer einzigen Eismasse fast völlig überflutet ist, welche nahezu alle Unebenheiten der Oberfläche, Täler und Gipfel, verhüllt. Man bezeichnet den Inlandeistypus daher auch als den grönländischen Vergletscherungstypus. Bei ihm ist eine Scheidung in Einzelgletscher nicht mehr möglich, nur am Rande des Inlandeises teilt sich die Eisflut in zahlreiche Ausläufer, die zumeist im Meere enden. (Fig. 3.)

Zwischen diesen vier Typen gibt es naturgemäß keine scharfen Grenzen, wohl aber zahlreiche Uebergänge. In den Ostalpen stellt z. B. die Uebergossene Alm ein skandinavisches Gletschergebiet in kleinem Maßstab dar.

Außer dieser Trennung nach Typen unterscheiden wir noch, vornehmlich beim alpinen Typus, Gletscher 1. und 2. Ordnung. Die ersteren, besser als Talgletscher bezeichnet, sind die großen Eisströme, die mit langen Zungen bis in die ausgebildeten Täler tief unter die Schneegrenze herabsteigen. Die auf den Gehängen oder in Nischen („Karen") des Ge-

Digitized by Google

birges liegenden kleinen Eiskörper bezeichnet man je nach ihrer Lage als Gehänge-, Kar-, Joch-, Plateau- oder Schluchtgletscher und faßt sie als Gletscher 2. Ordnung zusammen. Ihre Enden liegen zumeist in großen Höhen über dem Haupttal, Firngebiet und Zunge trennen sich nicht so deutlich wie bei den Talgletschern.

Viele Gebirge, die infolge klimatischer Verhältnisse oder geringer Höhen nur wenig hoch über ihre Schneegrenze aufragen, wie z. B. die Pyrenäen oder die Cordilleren der Vereinigten Staaten von Nordamerika, tragen überhaupt nur Gletscher 2. Ordnung.

Passiert ein Gletscher beim Talwärtsfließen eine steile Wand, so bricht an dieser oft die ganze Eismasse plötzlich ab, und ihre Trümmer sausen als Gletscherlawine herab; z. B. an der Jungfrau und am Tödi in der Schweiz. Am Fuß des Absturzes vereinigen sich die Eistrümmer oft wieder zu einer zusammenhängenden Masse, und es entsteht daraus ein neuer, regenerierter Gletscher. Ein solcher ist u. a. der Schwarzwaldgletscher im Berner Oberland oder der Suphella-Gletscher in Norwegen. Wenn Gletscher bei ihrem Vorrücken an eine steile Felswand gelangen, an der sie sich nicht mehr halten können, so stürzt die darüber hinausgewachsene Masse bis ins Tal herab und richtet hier furchtbare Verwüstungen an. Bekannt ist u. a. der Abbruch des Viesgletschers im Wallis (Schweiz) vom Jahre 1819, der das Dorf Randa verwüstete. Im Sommer 1895 erfolgte der Abbruch des Altels-Gletschers im Berner Oberland. Damals stürzte die Firnkappe des Gletschers, eine ca. 5 000 000 cbm fassende Eismasse über eine Fläche von 27° mittlerer Böschung 1200 m tief hinab. Die Ursache dieser Katastrophe ist

Digitized by Google

in der ungewöhnlichen Hitze des Sommers 1895 zu suchen. Der Gletscher konnte nirgends mehr am Boden fest haften und verlor auf der glatten, steil geneigten Kalksteinfläche, die seinen Untergrund bildete, den Halt. Ein beträchtlicher Gletschersturz erfolgte im März 1901 bei dem Dorfe Simpeln in der Nähe des Simplonpasses, indem der größte Teil des Roßbodengletschers bis zu 1500 m abrutschte. Die Länge der Sturzbahn betrug 5 km, ihr durchschnittlicher Neigungswinkel 20°, der größte aber 36°. Die Ursache dieses Sturzes ist vielleicht eine übermäßige Füllung des Firnfeldes mit Schnee.

Noch auf andere Weise können durch Gletscher Katastrophen herbeigeführt werden, indem nämlich entweder ein Seitengletscher den Fluß des Haupttales oder umgekehrt der Gletscher des Haupttales den Fluß des Seitentales zu einem See aufstaut. Das Wasser desselben findet oft nicht einen allmählichen Ausfluß durch die Eisbarriere, sondern drückt dieselbe weg, und der See entleert sich plötzlich. Solche „Ausbrüche" sind bekannt aus dem Oetztale in Tirol. Der im Hintergrund desselben gelegene Vernagtgletscher reicht zu Zeiten eines besonders großen Gletscherstandes bis an die gegenüberliegende Talwand und staut die Wasser des Haupttales zu dem Rofensee an. Durchbrüche dieses Sees fanden statt in den Jahren 1600, 1678, 1680 und häufig zwischen 1845 und 1848. Aehnlicher Art sind die Ausbrüche im Martelltal (Tirol), wo der Zufallferner gelegentlich ein kleines Seitentälchen absperrt. Der letzte verheerende Ausbruch dieses Stausees erfolgte 1889. Auch sonst sind Abdämmungen von Seitentälern durch Gletscher häufig, ohne daß es dabei zu verheerenden Ausbrüchen kommt. Der bekannteste dieser Glet-

Digitized by Google

scherseen ist der Märjelensee am Aletschgletscher (Fig. 1). Da er zumeist vom Schmelzwasser der Gletscheroberfläche und von Quellen gespeist wird, hat er klares, grün-blaues Wasser, in das das tiefblaue, zerklüftete Gletschereis eintaucht. Seinen ruhigen Abfluß findet der See in der Regel unter dem Eise.

Die Größe und Länge der Gletscher lernen wir später an zahlreichen Beispielen kennen. Die Neigung der Gletscheroberfläche schwankt in sehr weiten Grenzen; sie kann bis auf 0° heruntergehen, an manchen Stellen aber auch 30° und mehr erreichen. Sie ist aber immer größer als die Neigung des Bodens. Man bezeichnet den Unterschied zwischen der Neigung der Oberfläche und der des Untergrundes als *spezifische Neigung* des Gletschers. Sie beträgt in den mittleren Teilen zumeist etwa 3° und nimmt nach unten rasch zu. Dies ist die Folge davon, daß die Dicke oder Mächtigkeit des Gletschers nach unten abnimmt. Der Betrag derselben läßt sich freilich nur schätzen. Die großen Talgletscher der Alpen haben in den oberen Teilen der Zunge Dicken von 2—300 m, beim grönländischen Binneneis mag die Mächtigkeit aber wohl das zehnfache erreichen. Am Hintereisferner (Tirol) wurde bei Bohrungen in 2700 m Höhe mit 130 m noch nicht der Gletschergrund erreicht, ebensowenig am Aargletscher in einem natürlichen Schacht in 260 m Tiefe. Die Firnfelder sind, abgesehen von den mittleren Teilen, wahrscheinlich seichter, doch liegen darüber noch keine Beobachtungen vor. Demgemäß läßt sich auch das Volumen der Gletscher nur ganz annähernd bestimmen. Die Masse der Zunge des Hintereisferners bis zur Firnlinie wurde auf ca. 400 Mill. Kubikmeter geschätzt, die des Aletschgletschers bis zur Firnlinie auf 10 800 Mill. Kubikmeter (*Heim*). Man könnte daraus einen Ring von 250 qm Querschnitt um die ganze Erde legen.

Digitized by Google

II. Der Haushalt des Gletschers.

Der in der Firnregion gefallene Schnee liefert dem Gletscher seine Nahrung, man nennt daher das Firnfeld das Nährgebiet des Gletschers. Das aus dem Schnee hervorgegangene Firneis fließt in die Gletscherzunge und kommt dabei in Regionen, wo die Abschmelzung des Eises größer ist, als die Ernährung durch den hier noch fallenden Schnee; es müßte der Gletscher sofort verschwinden, wenn ihm nicht von oben durch seine eigene Bewegung beständig neues Material zugeführt würde. Man bezeichnet den unterhalb der Schneeregion gelegenen Teil des Gletschers auch als Abschmelzungs- oder Zehrgebiet. Im Nährgebiet überwiegt der feste Niederschlag, im Zehrgebiet die Abschmelzung oder Ablation. Die Grenzlinie beider Gebiete ist die Schnee- oder Firngrenze, längs welcher sich Niederschlag und Ablation das Gleichgewicht halten.

1. Die Ernährung des Gletschers.

Die Verteilung des Niederschlages ist selbst auf einem so beschränkten Gebiete, wie es z. B. die Alpen sind,[1]) eine sehr wechselvolle. Im allgemeinen sind die Teile eines Gebirges, die sich den herrschenden Winden entgegenstellen, die regenreicheren; die jenseitige Abdachung ist weit trockener, denn die über sie hinwegstreichende Luft hat bereits den größten Teil ihres Wasserdampfgehaltes abgegeben. Die Alpen streichen in der Richtung

[1]) Wir müssen uns bei diesen Betrachtungen im wesentlichen auf die Alpen beschränken, da aus keinem anderen Gletschergebiete so ausführliche Beobachtungen vorliegen.

Digitized by Google

der herrschenden, regenbringenden Westwinde; es fehlt ihnen daher der scharfe Unterschied zwischen einer Regen- und einer Trockenseite. Hingegen sind in den Alpen die Randzonen regenreicher als das Innere des Gebirges, und in diesem selbst wieder sind die großen Längstäler, wie das Rhein- und Inntal, und die gewaltigen Massenerhebungen, wie z. B. das Berner Oberland oder die Oetztaler Alpen, durch verhältnismäßig geringe Niederschlagsmengen gekennzeichnet. Der Niederschlag wächst ferner mit Zunahme der Höhe, doch gibt es in einer gewissen Höhe eine Grenzlinie, oberhalb welcher die Niederschläge wieder etwas abnehmen. In den Alpen liegt diese Grenzlinie jedenfalls über 2000 m Höhe. [1])

Die Größe des Niederschlags wechselt aber nicht nur räumlich, sondern auch zeitlich, d. h. derselbe Ort erhält in verschiedenen Jahren sehr verschieden große Niederschlagsmengen. Es bedarf daher immer einer großen Zahl von Beobachtungsjahren, um die mittlere Niederschlagshöhe eines Ortes mit einiger Sicherheit angeben zu können. Aus den Hochregionen der Alpen liegen solche Werte auch nur von einer geringen Zahl von Orten vor.

Bei der Betrachtung der den Gletschern gespendeten Nahrung handelt es sich um Beobachtung der jährlich fallenden Schneemengen. Mit der Höhe nimmt infolge der abnehmenden Temperatur der Anteil des Schnees am Niederschlag zu. Dabei zeigt sich die wichtige Tatsache, daß die Zunahme des Schneefalles mit der Höhe bis zu größeren Höhen stattfindet als die Zunahme des Niederschlages überhaupt; es liegt das Maximum der Schneefälle bereits im Bereich der Firnmulden der Gletscher. Für eine große Anzahl von Schweizer Orten

[1]) Näheres über das Klima der Alpen siehe Sieger, Die Alpen, Sammlung Göschen No. 129, S. 33 ff.

Digitized by Google

macht in einer Höhe von 2000 m der Schnee bereits 60 % des Gesamtniederschlages aus; in den Hohen Tauern fällt an der Schneegrenze in 2700 m bereits 77 % des Niederschlages in fester Form, und in Höhen über 3000 m gibt es fast nur mehr Schnee; der seltene Regen gefriert überdies bald und trägt ebenfalls zur Ernährung des Gletschers bei.

Die absoluten, im Hochgebirge fallenden Schneemengen sind recht bedeutend; am St. Gotthardt (2100 m) betrugen sie im Mittel aus 9 Jahren 1130 mm, ausgedrückt in Wasser, was einer frisch gefallenen Schneeschicht von etwa 12 m pro Jahr entspricht. Für die Sammelbecken der Gletscher in der Sonnblickgruppe in den Hohen Tauern ergibt sich ein jährlicher Dickenzuwachs der Schneedecke von 14—17 m, ausgedrückt in frisch gefallenem Schnee. Da das spezifische Gewicht des Firneises etwa 0,6 g beträgt, so entspricht dies einem Firnwachstum von 1,8—2,2 m. Für die Schweizer Gletscher erhält man einen jährlichen Zuwachs in den Sammelbecken von 1,3—2,6 m Firneis.

2. Die Ablation.

Das durch die Gletscherbewegung in die tieferen Regionen getragene Nährmaterial fällt hier der Abschmelzung anheim. Dieselbe wirkt vorzugsweise auf der Oberfläche der Gletscher (Ablation im engeren Sinne), sie ist aber auch tätig im Innern und am Boden des Gletschers. Den Hauptanteil an dieser aufzehrenden Arbeit an der Oberfläche hat natürlich die Sonne. Die Wirkung der direkten Sonnenstrahlung ist in der Höhe sogar größer als in der Niederung, da sie

Digitized by Google

auf ihrem Wege durch die Atmosphäre noch nicht soviel durch Absorption eingebüßt hat.[1]) Nicht nur die direkte Strahlung auf den Gletscher wirkt schmelzend; die felsige Umrahmung der Gletscher erhitzt sich sehr bedeutend und strahlt Wärme auf das Eis zurück, die also namentlich die Randpartien angreift. Daher erscheinen diese eingesunken, die Gletschermitte aufgewölbt. Neben der Sonne wirkt aber auch, was man namentlich an bewölkten Tagen wahrnehmen kann, die Lufttemperatur selbst schmelzend auf das Eis ein. Dazu kommt noch die Wirkung des Regenwassers und der Luftfeuchtigkeit. Da der Gletscher im Sommerhalbjahre in der Regel kälter ist als die umgebende Luft, so gibt er an diese Kälte ab; er erzeugt eine Verdichtung oder Kondensation des in der Luft vorhandenen Wasserdampfes, es tritt Taubildung auf dem Gletscher ein.[2]) Dabei wird Wärme frei, und diese wirkt wiederum schmelzend.

Durch die Taubildung ist der Luft Feuchtigkeit entzogen worden. Daher ist die Luft über dem Gletscher trocken. Die physiologischen Wirkungen dieses Vorganges, das gesteigerte Durstgefühl, das Aufspringen und fetzenartige Sichablösen der Haut u. a. m. kennt jeder, der auf Gletschern gewandert ist.

Sonne, Luft und Regen wirken beständig an der Erniedrigung der Gletscheroberfläche, aber der Betrag derselben ist von sehr vielen Umständen abhängig. Die Größe der Ablation (man bestimmt sie in der Regel an in Bohrlöcher eingesenkten Stangen, indem man den Betrag ihrer Ausschmelzung beobachtet) an ein und demselben Gletscher ist verschieden:

---

[1]) Vgl. Trabert, Meteorologie, Sammlung Göschen No. 54, S. 32 ff.

[2]) Vgl. Trabert, S. 92 ff.

Digitized by Google

1. Nach den Jahrgängen; sie ist in warmen und zugleich feuchten Jahren größer als in kühlen.

2. Nach der Jahreszeit; sie ist im August und September am größten, und es verrichtet oft ein Sommermonat mehr als die ganze übrige Zeit des Jahres. Ein warmer Sommertag kann z. B. auf dem grönländischen Inlandeise eine Eisschicht von 10 cm und mehr schmelzen, wozu im Oktober etwa ein halber Monat erforderlich ist. Im Winter hört die Ablation völlig auf und setzt erst wieder ein, wenn die winterliche Schneedecke, die meist bis in den Juni anhält, abgeschmolzen ist.

3. Nach der Witterung; sie ist natürlich am größten an ganz sonnenhellen Tagen und nimmt mit zunehmender Bewölkung ab; direkte Sonnenstrahlung allein kann im Sommer eine Ablation von 2—3 cm im Tage erzeugen.

4. Nach der Tageszeit; in der Nacht hört sie gewöhnlich ganz auf und erreicht um Mittag ihr Maximum.

5. Nach der Meereshöhe; abgesehen von lokalen Abweichungen, nimmt, wie zu erwarten, die Ablation mit der Höhe ab. Auf dem Hintereisferner betrug die Ablation in der Gletschermitte 1894/95 am Gletscherende in 2300 m Höhe 7,6 m und sank bis auf 2,0 m in 2700 m.

6. Nach der Entfernung von der Mitte des Gletschers; es zeigt sich eine Zunahme der Ablation von der Mitte gegen die Ränder, entstanden durch die von den Gehängen rückgestrahlte Wärme; am Hintereisferner verliert der Gletscherrand in 2640 m Höhe doppelt so viel durch Abschmelzung als die Gletschermitte. Dazu kommt noch der Unterschied nach der Auslage gegen die Besonnung. Die Sonnenseite leidet stärker durch Ab-

Digitized by Google

schmelzung als die Schattenseite; daher fällt erstere viel steiler gegen das Gletscherufer ab.

An verschiedenen Gletschern variiert die Ablation:

1. Nach der Exposition: bei W—E streichenden Gebirgen wie den Alpen ist die Ablation auf der Südseite größer, daher hier die Vergletscherung geringer, die Gletscherenden höher als auf der Nordseite.

2. Nach dem Klima; die Ablation nimmt natürlich gegen die Pole ab. Aber auch an skandinavischen Gletschern erreicht sie in warmen Sommertagen und nach warmen Nächten 12—13 cm in 24 Stunden; es kann also in hohen Breiten die längere Tagesdauer der geringeren Sonnenhöhe das Gleichgewicht halten. In den beobachteten Werten kommen übrigens die Unterschiede der Ablation nach der geographischen Breite nicht ohne weiteres zum Ausdruck, weil die Gletscher in unseren Breiten in viel größeren Höhen liegen als in den Polargebieten. An der Schneegrenze vermag in den Alpen die Ablation den jährlichen Zuwachs von ca. 2 m Firneis abzuschmelzen, und auf der Gletscherzunge beträgt die jährliche Ablation im Durchschnitt ca. 1,5—3,5 m; für den Hintereisferner ergab sich eine mittlere Ablation der Zunge von 2,2 m pro Jahr. Auf dem grönländischen Inlandeis in 200 m Höhe beträgt die jährliche Ablation 2,4—2,8 m. Es ist also die Ablation in den Alpen in Höhen von 2600—2700 m ungefähr ebenso groß als in Grönland in 200 m Höhe.

Auch im Zehrgebiet ist Ernährung durch Niederschlag vorhanden, doch überwiegt hier die Ablation; umgekehrt wird im Firnfeld die Ablation vom Firnzuwachs unterdrückt. Von der Existenz einer Ablation im Firngebiet kann man sich in jedem warmen Sommer überzeugen, indem dann hoch über der Schneegrenze Flächen blanken Eises zu Tage treten. Der Gletscher „apert aus". Den wahren Be-

Digitized by Google

trag der jährlichen Abschmelzung und Ernährung erhalten wir in den Differenzen zwischen den Ablationsgrößen und den Höhen des festen Niederschlags. Für einige Gletscher der Hohen Tauern ergab sich durch Rechnung die folgende Tabelle:

Höhenstufe	Wahre Ablation in m	Höhenstufe	Wahre Ernährung in m
22—2300	2,4	27—2800	0,4
23—2400	1,9	28—2900	0,8
24—2500	1,25	29—3000	1,1
25—2600	0,7	30—3100	1,4
26—2700	0,1		

An der Schneegrenze, die hier in 2700 m Höhe liegt, ist Ablation und Niederschlag gleich groß, daher die Differenz Null.

3. Die Ablationsformen der Gletscheroberfläche.

Die Erniedrigung der Gletscheroberfläche durch Ablation ist auch sehr verschieden nach der Beschaffenheit des Eises. Lagen von reinem, blasenfreiem Eise widerstehen der Abschmelzung leichter als Lagen von blasenreichem, getrübten Eise; die ersteren erscheinen daher an der Oberfläche als scharfe Rippen, letztere als Furchen. Im Sommer ist daher die Eisoberfläche, auch dort, wo eigentliche Spalten fehlen, nach allen Richtungen zerrissen und äußerst uneben, und das Wandern auf derselben oft recht mühsam. Dazu kommen noch die von den oberflächlichen Schmelzwassern gezogenen Furchen. Von besonderer Bedeutung aber werden die auf dem Eise lagernden Fremdkörper, namentlich die Gesteinstrümmer. Bedecken dieselben in großen Massen das Eis, so schützen sie ihre Unterlage vor rascher Abschmelzung. Die benachbarten Partien, die stärker einsinken, erscheinen dann tiefer, die trümmerbedeckten Teile relativ höher. Manche Gletscher sind derart von solchen,

Digitized by Google

bis 50 m hohen Wällen durchzogen, daß der Wanderer sich von dem Vorhandensein eines Eiskernes erst überzeugt, wenn die Steine unter seinem Fuße auf der Böschung abrutschen, und er auf dem blanken Eise ausgleitet. Ebenso schützen Schlamm- und Sandmassen, die aus dem Gletscher ausapern, ihre Unterlage vor Schmelzung und erzeugen die sog. Sandkegel, die man namentlich nahe dem Gletscherende antrifft. —

Einzelne Felstrümmer wirken in gleicher Weise schützend auf die Unterlage. Dieselbe erscheint dann als ein Eisfuß, welcher den Block trägt. Man nennt daher dieses Gebilde Gletschertisch. Der Eisfuß wird auf der nach Süden gerichteten Seite stärker angegriffen, daher sind die Gletschertische nach Süden geneigt. Schließlich rutscht der Block ab und gibt wieder Veranlassung zur Bildung eines Gletschertisches. Dieser Vorgang kann sich an demselben Block zwei bis dreimal im Laufe eines Sommers wiederholen.

In ganz entgegengesetzter Weise wirken kleine Fremdkörper, also Staub- oder Sandteilchen, auf die Oberfläche. Sie schützen nicht ihre Unterlage, sondern schmelzen in das Eis ein, da sie als dunkle Körper mehr Strahlung absorbieren. So entstehen kleine, steilwandige, kreisrund-cylindrische Löcher, die sog. Staub- und Sandlöcher, die im Sommer von Schmelzwasser erfüllt, im Winter ausgefroren sind und an ihrem Boden den Fremdkörper, oft nur ein einziges Sandkorn, enthalten. Sehr oft treten sie in großen Mengen nebeneinander auf und lassen zwischen sich scharfe Kanten. Die Eisoberfläche hat dann ein blatternarbiges Aussehen.

In besonders großem Maßstabe tritt diese Erscheinung in der Randzone des grönländischen Inlandeises auf, wo man sie Kryokonit- (d. i. Eisstaub) Löcher nannte. Nach Drygalski haben sie zumeist 5—10 cm

Digitized by Google

Breite und 40—50 cm Tiefe, doch kommen auch Tiefen bis zu 1 m vor. Daß aber die Löcher in der Regel eine gewisse Tiefe nicht überschreiten, rührt davon her, daß das in den Löchern sich ansammelnde Wasser ebenfalls Wärme absorbiert und ein weiteres Einschmelzen des Staubes verhindert. Gegen den Herbst zu werden die Löcher immer seichter, den Winter über liegt der Staub an der Oberfläche, um dann mit Beginn des Sommers wieder einzuschmelzen. Dieser sog. Kryokonithorizont ist kein Anzeichen für einen beständigen Rückgang des Inlandeises, denn dieselbe Erscheinung findet sich auch im Zehrgebiet vorrückender Gletscher.[1])

Eine besondere Form der Sandlöcher sind die sog. Mittags- oder Meridianlöcher, Schmelzwannen von halbkreisförmigem Durchschnitt, wobei die runde Seite nach Norden, der Durchmesser nach Süden gekehrt ist. Diese eigentümliche Gestalt ist eine Folge der ungleich großen Wirkung der Sonne auf den Staub in den verschiedenen Tagesstunden.

Von Wichtigkeit für die Formveränderung der Gletscheroberfläche werden ihre Schmelzwasser. In klaren Nächten herrscht auch im Sommer lautlose Stille über dem Gletscher, da dessen Oberfläche unter 0° erkältet ist; kaum aber beginnen die ersten Sonnenstrahlen das Eis zu treffen, so hört man von allen Seiten das Murmeln und Rauschen der wiedererwachten Schmelzwasser. Sie sammeln sich zu Bächen mit durchsichtig reinem Wasser, die mit großer Geschwindigkeit abwärts eilen, sich dabei Furchen von beträchtlicher Tiefe schaffend; in der Regel sind dieselben nicht geradlinig, sondern infolge der verschiedenen Struktur und Widerstandsfähigkeit des Eises serpentinenartig gewunden; oft verschwindet der Bach auf kurze Strecken in einer kleinen Höhlung und kommt wieder zum Vorschein. So bilden sich ganze Talsysteme auf dem Eise, von größeren Wasseransammlungen gelegentlich seenartig

[1]) Vgl. darüber Kap. VII.

Digitized by Google

unterbrochen. Kreuzt nun eine Spalte den Weg eines Baches, so verschwindet sein Wasser in derselben, indem es in einem Wasserfall über die Spaltwand herabstürzt. Auch wenn die Spalte sich wieder geschlossen hat, kann sich das Wasser einen Ausweg nach unten offen halten. Dabei wird die Oeffnung zu einem rundlichen Schlot erweitert. So entstehen die von allen Gletschern bekannten Gletschermühlen oder Eisbrunnen. Ihre senkrechten Wände zeigen häufig eine Kanellierung, die an die auf Kalkgestein auftretenden „Karren" erinnert. Die Tiefe solcher Gletscherschächte kann sehr bedeutend sein; am Unteraargletscher (Berner Oberland) erreichte Agassiz in einem solchen mit 260 m noch nicht den Grund; dabei sind sie nach unten oft schlauchartig gewunden; ihr Durchschnitt an der Oberfläche ist bisweilen sternförmig gezackt. Gelegentlich findet sich eine Anzahl solcher Mühlen hintereinander angereiht. Reißt nämlich oberhalb der funktionierenden Mühle eine neue Spalte auf, so wird diese zu einer Gletschermühle umgewandelt und die frühere außer Dienst gesetzt; daß aber bisweilen beide im Innern in Verbindung stehen, beweist ein aus der alten Mühle aufsteigender kalter Luftstrom.

Die Gletschermühlen gehören zu jenen durch die Ablation entstandenen Oberflächenformen des Eises, die eine große Aehnlichkeit mit den in Kalkgebieten beobachteten sog. „Karstformen" besitzen. Auf Gletschern können sich solche Formen namentlich dann bilden, wenn die durch die Bewegung des Gletschers hervorgerufenen Störungen gering sind, also auf flachen, spaltenarmen Gletscherböden. Ebenso wie das Kalkgestein ist auch das Eis, wenigstens in den oberen Schichten, für Wasser durchlässig; während der Kalk im Wasser löslich ist,

Digitized by Google

Fig. 4. Trichter im Brunnigletscher (Schweiz). Nach einer Photographie des Verfassers.

Digitized by Google

Digitized by Google

wird das Eis von Sonne, Luft und Regen angegriffen. Zu den Karstformen der Gletscher[1]) gehören die bereits erwähnten Staublöcher und die verlassenen Gletschermühlen. Aber auch große, trichterförmige Gebilde sind auf flachen, ruhigen Gletschern nicht selten, die man als Gletschertrichter bezeichnen und mit den „Dolinen" der Karstgebiete vergleichen kann[1]) (Fig. 4). In großer Menge finden sie sich auf dem Gornergletscher (Monte-Rosa-Gruppe), wo sie Tiefen bis 30 m und Durchmesser bis 130 m erreichen; ferner auf dem Malaspinagletscher in Alaska mit Durchmessern von 140 bis 180 m, auf dem Tasmangletscher in Neuseeland, Hintereisferner u. a. O. Es sind entweder leere Trichter oder Seetrichter, von Wasser erfüllt, oder Trichtermühlen, die nach unten hin gleich den Gletschermühlen in eine Röhre auslaufen. Die meisten dieser Trichter sind durch die auflösende Wirkung des oberflächlichen Schmelzwassers entstanden oder aus verquetschten und durch Wassererosion umgestalteten Mühlen und Spalten hervorgegangen. Schließlich rechnen wir noch hierher eine eigentümliche, nach allen Richtungen verlaufende, vollkommene Zerteilung des Gletschereises in einzelne Pfeiler und Spitzen, die bis auf den Grund reicht und eine Begehung geradezu unmöglich macht. Es ist dies der sog. Büßerschnee (los Penitentes), der zuerst von den Gletschern Südamerikas, dann aber auch von denen der nordamerikanischen Cordilleren und vom Kilimandscharo in Afrika bekannt wurde. Zweifellos spielt auch hier die auflösende Wirkung der

[1]) Eine ausführliche Beschreibung derselben gibt Sieger, Geograph. Zeitschr. I. 1895.

[2]) Vgl. Günther, physikalische Geographie, Samml. Göschen Nr. 26. S. 113 u. 168.

Digitized by Google

an der Ablation beteiligten Kräfte die Hauptrolle bei der Entstehung dieser eigentümlichen Gletschergebilde, die man im gewissen Sinne den Karrenfeldern der Kalkgebiete an die Seite stellen kann. [1])

4. Abschmelzung im Innern und am Boden des Gletschers.

Ein Schmelzen des Eises im Innern des Gletschers geschieht vornehmlich durch das von der Oberfläche durch Spalten und Schlote eindringende Schmelzwasser, dessen Temperatur stets über 0 ° ist, sowie durch die von oben eingesogene Luft. [2]) Die von der Oberfläche verschwindenden Bäche setzen, ehe sie an den Gletschergrund gelangen, oft noch ein Stück weit im Innern des Gletschers ihren Lauf fort; durch ihre schmelzende Wirkung entstehen sog. intraglaziale (d. h. im Innern des Gletschers verlaufende) Röhren und Gänge, die die Verbindung von mehreren Schloten und Mühlen darzustellen scheinen. Sehr bedeutend sind solche intraglaziale Flußläufe in dem Malaspinagletscher auf Alaska. Indem diese Bäche ihre Decke angreifen, wird dieselbe immer dünner und stürzt schließlich an einer schwachen Stelle ein. So werden die Hohlräume des Innern aufgeschlossen, und es entstehen Hohlformen auf der Gletscheroberfläche in Form von Schloten. Ein solcher wurde 1892 auf dem Tête-Rousse-Gletscher in der Mont-Blanc-Gruppe entdeckt; er hatte 80 m Länge, 40 m Breite, 40 m Tiefe.

Daß sich im Gletscher auch dauernd intraglaziale Höhlen, ähnlich denen der Kalkgebirge und durch Ver-

[1]) Vgl. Günther, S. 100.

[2]) Ueber Verflüssigungen im Innern durch den eigenen Druck der Eismassen wird in dem Abschnitte über die Gletscherbewegung gesprochen werden.

Digitized by Google

stopfung und Anstauung der Bäche auch stehende Wasseransammlungen, sog. Wasserstuben bilden können, die dann einen plötzlichen Ausweg an die Oberfläche finden, ist zum mindesten sehr zweifelhaft. Denn es setzt dies die Erhaltung von weiten Gewölben in einer mit ungleicher Geschwindigkeit fließenden Masse, wie es der Gletscher ist, voraus, was sehr schwer vorzustellen ist.[1])

Wichtiger für Formveränderungen wird die Abschmelzung am Grunde des Gletschers. Von den dabei mitwirkenden Faktoren kommt namentlich die Erdwärme in Betracht. Der Erdboden gibt beständig Wärme durch Ausstrahlung an die Luft ab, und zwar in den Hochregionen mehr als in der Niederung.[2]) Ist aber der Boden von einem Gletscher bedeckt, so wird er dadurch gegen Ausstrahlung geschützt, da die Leitungsfähigkeit des Eises für Wärme (oder Kälte) sehr gering ist. Der eisbedeckte Boden kühlt sich also nicht in gleichem Maße ab wie der eisfreie; es ist somit der Gletscherboden stets wärmer als seine eisfreie Umgebung. Der Gletscher wirkt aber auch selbst wie ein Stück der Erdrinde; es werden ebenso wie in gewissen Tiefen unter der festen Erdoberfläche, so auch unter der Gletscheroberfläche die jahreszeitlichen Temperaturunterschiede aufhören, und von dieser Schicht an wird weiter nach unten die Temperatur gegen das Erdinnere zunehmen. So wirkt der Gletscher also aus zwei Gründen erwärmend auf seine Unterlage. Die Folge ist, daß am Gletschergrund während des ganzen Jahres Temperaturen nahe bei 0° herrschen. Diese Wärme wird verwendet zur Schmelzung von Eis am Grunde des Gletschers. Neben der Erdwärme wirken noch andere Faktoren an der Unterschmelzung des Glet-

[1]) Finsterwalder, Z. A. V. 1890, S. 33.
[2]) Trabert, S. G. 40 u. 139.

Digitized by Google

schergrundes mit. Von den Gehängen stürzen Bäche herab, deren Temperatur, namentlich im Sommer, hoch über 0° ist; durch die Kluft zwischen Fels und Eis kann ihr Wasser leicht unter den Gletscher gelangen; es reißt warme Luft mit sich, die sich auch an der Unterschmelzung beteiligt. Der Gletscher ist daher an seinen Boden nicht angefroren, sondern ruht nur an einzelnen Stellen auf. Das beweist am besten die Tatsache, daß auch im Winter ein Bach unter dem Eise hervorkommt, der doch vorwiegend nur durch die Schmelzung am Grunde gespeist werden kann; denn die Ablation an der Oberfläche steht im Winter stille, und die Niederschläge fallen nur mehr in fester Form. Ein Anfrieren des Eises findet wohl nur in den Randgebieten des Gletschers statt, wo das Eis dünn, also die Wärmeverluste des Bodens durch Ausstrahlung groß sind; ebenso werden schwache und zerklüftete Gletscher im Winter an den Boden anfrieren.

Es befinden sich also am Gletscherboden zwischen Fels und Eis Hohlräume. Man kann dieselben öfters vom Gletscherrande oder dort, wo das Eis über einem Felsvorsprung seines Bettes zerrissen ist, beobachten; bisweilen kann man auch tief unter den Gletscher kriechen und gewinnt so einen Einblick in die Beschaffenheit des Gletschergrundes. Sind an der Oberfläche Schächte, die bis an den Grund reichen, und ist die äußere Luft über 0°, so üben solche Eishöhlen eine saugende Wirkung aus; durch die Löcher gelangt dann von oben die äußere wärmere Luft in die Eishöhlen und befördert die Unterschmelzung. Der größte dieser Gletscherräume befindet sich am Gletscherende, es ist das das *Gletschertor*, durch das der Gletscherbach austritt. Nicht alle Gletscher haben ein Gletschertor; häufig sind aber solche bis zu 20 m Höhe; zumeist haben sie flachhalbkreisförmigen Umriß; oft kann man durch dasselbe weit in das Innere des Gletschers eindringen und das herrliche Farbenspiel des Eises beobachten. So wie alle Schmelzformen ist auch das

Digitized by Google

Gletschertor sehr veränderlich; geht die Schmelzung zu weit, so stürzt das Gewölbe zusammen, um aber zumeist im selben Sommer sich neu zu bilden.

5. Der Gletscherbach.

Am Rande der Gletscherzunge treten an den verschiedensten Punkten Schmelzwasser aus dem Eise; nach kurzem Laufe vereinigen sie sich mit dem aus dem Gletschertore hervorkommenden Bache. Gemeinsam bilden sie nun den Gletscherbach, der all das durch die verschiedenen Vorgänge entstandene Schmelzwasser von der Oberfläche, vom Innern und vom Grunde des Gletschers vereinigt und ins Tal führt. Seine starke Trübung unterscheidet ihn von den Ablationswassern der Oberfläche; nicht selten bildet er die Quelle großer Flüsse (Rhône, Rhein, Aar u. s. w.). Die Temperatur seines Wassers beträgt stets etwas über 0°. Der Jambach bei Galtür in Vorarlberg, gespeist von den Gletschern der Silvrettagruppe, hat ein Maximum der Temperatur im Juli; das Jahresmittel beträgt 3,3° (das der Lufttemperatur 4,5° C.), doch sind die Schwankungen sehr gering, nämlich nur 4,5° C. Talabwärts nimmt die Temperatur der Gletscherbäche rasch zu. Die Aar hat in 4 km Entfernung vom Gletscherende noch 2°, nach weiteren 10 km schon 5° C. Sommertemperatur. —

Die Abflußmengen der Gletscherbäche zeigen beträchtliche Schwankungen; diese hängen ab:

1. Von der Tageszeit. Entsprechend dem Gange der Lufttemperatur hat der Gletscherbach am Gletscherende einen höheren Stand bei Tag als bei Nacht. Da aber das Schmelzwasser durch die feinen Spalten des Eises nur langsam ausfließt, tritt das Maximum im

Digitized by Google

Gletscherbach verspätet ein, bei großen Gletschern, z. B. beim Rhônegletscher erst gegen 6 Uhr abends. Das Minimum tritt meist gegen Morgen ein, bevor die Ablation an der Oberfläche wieder beginnt. Je größer der Gletscher, desto geringer die Schwankungen im täglichen Ertrage des Gletscherbaches; denn das Schmelzwasser aus den höheren Teilen des Gletschers gelangt erst spät ans Gletscherende und verstärkt den Bach, während im unteren Teile die abnehmende Ablation ihn schon wieder schwächt. Diese tägliche Periode existiert auch im Winter.

2. Von der Witterung; diese Schwankungen können bisweilen größer werden, als die nach der Tageszeit. Die mittlere Differenz der Wasserstände von einem Tag zum andern ist am größten im Sommer, da dann die Witterung im Hochgebirge am wechselvollsten ist; diese Differenzen betrugen im Jambach im Januar und Februar 0,3—0,4 cm, im Hochsommer 5,2—6,1 cm. Auch der Abfluß des Suldengletschers (Ortlergruppe) zeichnet sich durch eine große Konstanz der Wasserführung von Mitte Oktober bis Mitte April aus. Ein starkes Steigen des Wasserstandes entsteht an regnerischen, trüben Tagen, die ja zumeist auch warm sind; ein Beweis, daß nicht allein die Sonnenstrahlung für die Ablation maßgebend ist.

3. Von der Jahreszeit. Die Gletscherbäche fließen während des ganzen Jahres, auch im strengsten Winter, wenn alle anderen Bäche gefroren sind. Im späten Frühjahr tritt zur Zeit der Schneeschmelze eine rasche Vermehrung der Abflußmenge ein; ihr Maximum erreicht sie im Hochsommer, worauf eine langsame Abnahme gegen den Herbst erfolgt. Im Jahre 1895 betrug die geringste Tiefe der Möll, des Abflusses der Pasterze

Digitized by Google

in den Hohen Tauern, 0,31 m (im Februar), die größte (im Juli) 2,34 m. Die Schwankungen im Laufe des Jahres sind also sehr groß. Der größte Julistand entsprach einer Abflußmenge von 13,8 cbm, der tiefste Stand im Februar einer solchen von 3,1 cbm pro Sekunde. Aus mehreren Pegelbeobachtungen in den Ostalpen ergibt sich, daß die winterlichen Abflußmengen der Gletscherbäche etwa $^1/_5$ der des Sommers betragen. Hingegen führt die Rhône beim Austritt aus dem Gletscher im Juli und August zwanzigmal so viel als im Januar und Februar. Da im Winter die Speisung des Gletscherbaches fast nur durch die Abschmelzung am Gletscherboden, also durch die Erdwärme geschieht,[1]) läßt sich aus den beobachteten Größen der Abflußmenge und Schätzungswerten des Niederschlags ein ungefährer Wert für die Größe der Abschmelzung durch die Erdwärme ermitteln; für den Hintereisferner wurde sie im Maximum zu 0,35 m pro Jahr bestimmt.

4. Von den einzelnen Jahrgängen. Da Temperatur und Niederschlag in den einzelnen Jahren sehr verschieden sind, so müssen auch die Abflußmengen der Gletscherbäche nach den Jahrgängen schwanken. Doch gibt es darüber nur wenige, mehrere Jahre umfassende Beobachtungen. Es betrug die jährliche Abflußmenge an:

Venter Ache (Oetztal) 1890/91	203.5	Mill. cbm
davon vom Hintereisferner geliefert . . .	20.3	„ „
Stubaier Ache bei Ranalt 1891/92 . . .	171.5	„ „
(entsprechend einer jährlichen Regenmenge von 1940 mm)		
Jambach bei Galtür 1894.	119	„ „

[1]) Für die Speisung des Gletscherbaches im Winter kommen vielleicht auch noch Quellen am Gletscherboden in Betracht.

Digitized by Google

Die letztere Zahl würde einer Niederschlagshöhe von 2,3 m entsprechen. Das ist eine abnorm hohe Zahl, die bisher nur ausnahmsweise in sehr großen Höhen beobachtet wurde. Die gemessene Abflußmenge kann also keine mittlere sein, sondern muß einem sehr regen- und schneereichen oder sehr warmen Jahre entsprechen.

Zum Schlusse wollen wir noch einen Blick werfen auf die durch die Ablation hervorgerufene, allgemeine Formveränderung des Gletschers im Laufe des Jahres. Im Sommer überwiegt die Ablation über die Ernährung. Die Oberfläche des Gletschers sinkt ein und ist von zahlreichen Furchen durchzogen, „gleich dem Antlitz eines alternden Menschen". (Heim). Wer sich einen ganzen Sommer in der Nähe eines Gletschers aufgehalten hat, kann diesen Vorgang gleichsam Schritt für Schritt verfolgen. Gegen den Winter zu bedeckt eine immer mächtiger werdende Schneeschicht den ganzen Gletscher. Der Eisstrom liegt erstarrt da; nur der spärlich fließende Gletscherbach beweist, daß noch Leben in ihm ist. Wenn nun im Frühling die Schneedecke allmählich verschwindet, erhält der Gletscher ein jugendliches Aussehen; seine Formen sind voller, die Spalten nahezu geschlossen, seine Oberfläche ist glatter, ausgeglichener. Das Zungenende liegt ein beträchtliches Stück tiefer als im Spätsommer. Man bezeichnet diesen Vorgang als winterliche Schwellung. Am Rhônegletscher wird dieselbe seit mehreren Jahren durch Messung verfolgt. So ist im Winter 1897 vom Dezember bis zum Mai der Gletscherrand im Mittel um 3,2 m vorgegangen, doch betrug der Rückgang in der darauffolgenden Abschmelzungsperiode über 20 m. So wiederholt sich Jahr für Jahr im Kleinen, was wir im Großen als Gletscherschwankungen kennen lernen werden.

Daß der Gletscher trotz aller Abschmelzungsvorgänge doch tief unter die Schneeregion herabreicht, ist nur erklärlich aus seiner fließenden Bewegung, die beständig neuen Ersatz für die abgeschmolzenen Eismassen von oben her liefert. Bevor wir uns aber den

Digitized by Google

Erscheinungen und der Erklärung der Gletscherbewegung zuwenden, müssen wir das Material kennen lernen, das den Gletscher zusammensetzt.

III. Das Material des Gletschers und seine Struktur.

Die Nahrung des Gletschers ist der Schnee. Das einfache Schneekristall, das im Firnfeld niederfällt, macht die lange Reise durch den ganzen Gletscher, bis es im Zehrgebiet wieder zu Wasser wird. Dabei wird aus dem Schnee der Hochregion allmählich das blanke Eis der Gletscherzunge; es vollziehen sich also im Innern des Gletschers eine Reihe von Umwandlungsvorgängen, deren einzelne Stadien durch Uebergänge verbunden sind.

1. Der Schnee im Hochgebirge.

Der in der Hochregion fallende Hochschnee ist ein staubiges, feinkörniges, sehr inniges Gemenge von Eis und Luft, von blendend weißer Farbe. Da er vom Winde leicht fortgetragen wird, häuft er sich schwer auf steilen Gehängen und Gipfeln an, sondern zumeist in Halden von ca. 30° Böschung; vom Winde wird er zu Schneedünen („Zwechta", „Gwechti" in der deutschen Schweiz) zusammengetrieben, die senkrecht zur Sturmrichtung verlaufen, oder es werden in ihm Kehlen von halbkreisförmigem Umriß ausgeweht; oft kommt es bloß zu einer wellenförmigen Modellierung der Schneefläche oder zur Bildung flacher, tellerförmiger Vertiefungen (Schneegangeln in den Ostalpen).

Digitized by Google

Weht der Wind den Schnee über einen Kamm hinaus, so klebt er sich hinter schützenden Kanten an; ein Teilchen setzt sich an das andere, und es entsteht ein mehrere Meter frei hinausragender Schneeschild oder eine Wächte (in der Schweiz „Gurschilde"). (Fig. 5.) Oft sind lange Fels-, oder auch Firngräte von Schneewächten umsäumt, z. B. der Gipfel des Groß-Venediger in den Hohen Tauern. Ihre Lage hängt ab von der herrschenden Windrichtung eines Jahres; sie sind überhaupt sehr vergängliche Gebilde und stürzen schon nach geringen Erschütterungen oder einigen Eispickelhieben in die Tiefe. An steilen Gehängen rollen beständig kleine Schneeteile ab und nehmen dabei runde Gestalt an (Schneerädchen); größere Massen von flockigem, balligem Schnee, die sich loslösen und am Wege wachsen, gelangen ins Rutschen, Fließen und Stürzen; so entstehen die Lawinen.[1])

Bei jeder Lawine[2]) kann man unterscheiden: das Abrißgebiet, wo sich die Schneemasse loslöst, zumeist hoch über der Waldgrenze, in den Alpen am häufigsten zwischen 1800 und 2500 m gelegen, die Sturzbahn, in welcher die Masse abwärts gleitet, und das Ablagerungsgebiet, den Lawinenkegel. Hier gelangt alles das, was die Lawine auf ihrem Wege mitgerissen hat, also loser Schutt, große Gesteinstrümmer, Baumstämme u. s. w. zur Ablagerung. Lawinen finden sich in allen schneereichen Gebirgen mit steilen Hängen; in Tirol und Vorarlberg fallen jährlich etwa 2—3000 Lawinen; die abgelagerten Massen erreichen in der Gotthardtgruppe im Mittel ein Volumen von etwa 600 000 cbm. Man unterscheidet:

[1]) Vom lat. labi = gleiten; in den Ostalpen „Lahn", in der Schweiz „Lauine", franz.: Avalanche.

[2]) Ueber Lawinen vgl. Coaz, Die Lauinen der Schweizeralpen, Bern 1881, und V. Pollack, Ueber die Lawinen Oesterreichs und der Schweiz, Zeitschr. d. österr. Ingen. u. Archit. Ver. 1891.

Digitized by Google

Fig. 5. Ortler von der Tabarettaspitze. Nach einer Photographie von Johannes, Meran.

Digitized by Google

1. Staublawinen oder Windlahnen, wobei eine Masse von staubigem, trockenem Neuschnee über eine gefrorene Kruste alten Schnees abrutscht; sie sind am häufigsten im Spätwinter nach starkem Schneefall und entstehen schon durch geringe Lufterschütterungen oder Ablösung einer Wächte. Dabei wird der trockene Schnee in Gestalt einer Wolke weit in die Luft gestäubt. Größeren Schaden als die Lawine selbst richtet der durch die rasche Bewegung entstandene Windstoß an, der große Waldbestände vernichtet. In den in der Schneeregion liegenden Teilen des Hochgebirges erzeugen die Staublawinen eine von weitem auffallende, parallele Furchung der steilen Schnee- oder Firnoberflächen, wie man sie u. a. schön an der Trafoier Eiswand in der Ortlergruppe und an den Vieścherhörnern im Berner Oberland sieht.

2. Die Grund- oder Schlaglawinen bestehen in einem Losreißen der Schneemasse von der festen Erdoberfläche; durch die Beschaffenheit des Untergrundes bedingt, schlagen sie regelmäßig dieselben, den Aelplern wohlbekannten Bahnen ein, sog. Lahngänge, die von den Lawinen ausgestaltet und ausgefurcht werden; im Gotthardtgebiet zählt man auf 325 qkm 530 solcher Lahngänge. Die Grundlawinen treten zur Zeit der Schneeschmelze im Hochgebirge ein, indem dann die Basis der Schneedecke von den Schmelzwassern durchfeuchtet und unterhöhlt wird. Daher ist der Schnee vor dem Abgang der Grundlawine feucht und ballig und bleibt auch beim Abfahren in kompakten Massen, ohne zu zerstäuben. Die Bewegungsart ist anfangs ein bloßes Rutschen; indem aber die einzelnen Teilchen aneinander stoßen, übertragen sie sich gegenseitig einen Teil ihrer lebendigen Kraft; so entsteht eine strömende, sich den Formen der Bahn anschmiegende Bewegung. Durch die Verzögerung am Grunde infolge der Reibung entstehen im Innern des Schneestromes drehende Bewegungen und daraus eine ballige Struktur, die auch noch einige Zeit, nachdem die Lawine zum Stillstand gekommen ist, andauert. Nun wird sie durch das Zusammensinken des Schnees zu einer festen Masse, die oft noch bis zum nächsten Sommer liegen bleibt, dabei vereist und firnähnlich wird. Die Grundlawinen sind viel zerstörender als die Staublawinen, namentlich dann, wenn sie nach außerordentlichen Schnee-

Digitized by Google

fällen über ihr gewöhnliches Ziel tiefer hinausgehen. Die zunehmende künstliche Entwaldung der Alpen, wodurch der beginnenden Lawine die Bahn nach unten frei gemacht wird, hat zur Zunahme der Lawinenschäden beigetragen. Im Haushalt der Natur aber spielen die Lawinen eine wichtige Rolle; sie befördern den Ueberfluß an Schnee talabwärts und rücken die Schneegrenze nach oben; sie vermindern die klimatischen Gegensätze, da die Lawinenschmelze im Tal abkühlend, der Schneefall oben erwärmend wirkt.

2. Firn und Firneis.

Schon der Hochschnee erfährt in den obersten Schichten durch oberflächliches Schmelzen und Wiedergefrieren Umbildungen zu Eis; diese Eisrinden nennt man Eisfirnis; wenig mächtige Schneelager werden dadurch in Hocheis umgewandelt, die bis zu 100 m dick die Gräte und Kämme der höchsten Regionen überziehen. In den tieferen Teilen der Schneeregion geschieht diese Umwandlung beständig. Zunächst wird aus dem flimmernden, blendend weißen Hochschnee der kompaktere, blasenärmere und daher durchscheinendere Firn; Verunreinigungen aller Art geben ihm eine schmutzig-graue Farbe. An Stelle der zackigen Kristallstruktur des Hochschnees tritt die rundliche („oolithische") Konstruktur des Firns, dessen Körner durch gefrorenes Schmelzwasser verkittet sind. Der Firn ist das Material der Firnfelder und -becken. Sehr oft zeigen diese eine eigentümliche Furchung oder Kannelierung, deren Linien immer in der Richtung des größten Gefälles verlaufen, eine Wirkung oberflächlicher Schmelzwässer. An Kluftwänden des Firngebietes sieht man sehr deutlich die Firnschichtung, deren parallele Lagen den Schneefällen je eines Winters entsprechen, während die Schichtflächen die dazwischenliegenden sommerlichen Schmelz-

Digitized by Google

perioden bedeuten; im unteren Teil des Firnfeldes und im Abschmelzungsgebiet gelangen diese Schichten an die Oberfläche, weithin an den Schmutzlinien erkennbar. Sie sind das Ausgehende der Firnschichtgrenzen.

Das Schmelzwasser der Oberfläche sickert im Firnschnee ein und erzeugt eine tiefgehende Durchtränkung desselben. In der Nacht bringt die eindringende Kälte diesen Schneebrei zum Gefrieren. So geschieht, begünstigt durch den Druck der überlagernden Schichten und beginnend bei den untersten Schichten, eine fortschreitende Vereisung des Firnes zu Firneis (Fig. 6); dieses be-

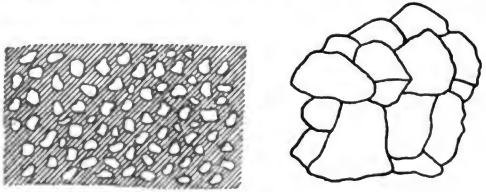


Fig. 6. Firneis und Gletschereis.

steht aus runden Eiskörnern, getrennt und zementiert durch trübes Eis, das gefrorene Schmelzwasser; es ist fest und hart, schwer durchlässig, hat unregelmäßig verteilte Luftblasen und kein Netz von feinen Haarspalten. Je tiefer man den Gletscher herabsteigt, desto weiter an die Oberfläche geht die Vereisung, um so weniger mächtig ist der eigentliche Firnschnee und um so schärfer die Grenze zwischen Firn und Firneis.

3. Das Gletschereis.

Durch eine Reihe unmerklicher Uebergänge wird aus dem Firneis das Gletschereis, das Material der Gletscherzunge oder des Abschmelzungsgebietes.

Digitized by Google

Indem die Luftblasen immer mehr verschwinden, wird das Eis kompakter und schwerer, seine Dichte erreicht über 0,9 gegen 0,6 des Firnes. Gleichzeitig wird das Eis durchlässiger für Licht, daher seine blaue Farbe auch bei bewölktem Himmel, die sich besonders schön in Spalten und Höhlen beobachten läßt. Der große Unterschied gegen das Firneis beruht aber in der Struktur des Gletschereises; es besteht aus Körnern, die, ohne in einen Eiszement eingebettet zu sein, wie die des Firneises, sich unmittelbar berühren und ineinander greifen. Diese Konstruktur ist aber keineswegs eine besondere Eigentümlichkeit des Gletschereises, sondern jedes Eis, welcher Entstehung auch immer es sei, zerfällt, wie R. Emden nachgewiesen hat, in eine Menge von Körnern; namentlich wird dies sichtbar, wenn das Eis in freier Lage einer mäßigen Erwärmung durch Luft ausgesetzt wird. Es erscheint dann sofort ein Netz von feinen Linien, das sogenannte Haarspaltennetz, welches die einzelnen Körner trennt.

Die äußeren Eigenschaften des Gletscherkornes sind die folgenden. Die Körner haben unregelmäßige, polyedrische Gestalt, die krummen Grenzflächen berühren sich unmittelbar. Die Größe der Körner wächst im allgemeinen gegen das Gletscherende zu, von Haselnuß- bis zu Hühnereigröße; selbst Körner mit 10—12 cm Durchmesser wurden beobachtet. In Berührung mit der Luft entstehen an der Oberfläche der Körner geradlinige, feine Rippen, die um das ganze Korn herumlaufen, die sog. Forelschen Streifen. Mit der Kristallstruktur des Kornes haben sie nichts zu tun: ihre Entstehung ist noch rätselhaft. Außerdem finden sich an der Oberfläche des Kornes geschlängelte, verzweigte Rippen und Rillen, breiter und unregelmäßiger als die Forelschen Streifen; sie entstehen durch das herabrieselnde Schmelzwasser; eine andere Rillung entsteht an den Berührungsflächen zweier Körner. Ist ein Korn der Sonnenstrahlung ausgesetzt, so entstehen

Digitized by Google

in ihm durch innere Schmelzung dünne, wasserhältige, kreisförmige Scheibchen, untereinander parallel und senkrecht zur Längsachse des Kornes; sie heißen die Tyndallschen Schmelzfiguren. Das Korn ist fast vollkommen luftleer, also sehr dicht. Schließlich ist jedes Korn ein optisch einachsiger Kristall,[1]) und zwar gehört es dem heragonalen System an. Die drei in einer Ebene liegenden, gleich langen Nebenachsen fallen in die Ebene der Tyndallschen Schmelzfiguren; die Stellung der dazu senkrechten Hauptachse ist aber in der Regel in benachbarten Körnern sehr verschieden; es fehlt also eine gemeinsame Orientierung. Das Gletschereis ist also in seiner ganzen Masse ein körniges Aggregat von Eiskristallen.

Für die Umwandlungvorgänge, die sich in diesem Aggregat vollziehen, kommen namentlich die folgenden physikalischen Eigenschaften des Eises in Betracht.

1. Die Regelation (1850 von Faraday nachgewiesen): Werden zwei angefeuchtete Eisstücke aneinander gepreßt, so frieren sie zu einem einzigen Stück zusammen. Dies geschieht jedoch auch ohne Druck, wenn man die beiden Stücke lange genug sich berühren läßt. Dieser Vorgang, der sich schon bei der Ballung feuchten Schnees beobachten läßt, kann mit dem Schweißen der Metalle verglichen werden. Denn beides tritt nur nahe der Schmelztemperatur ein.

2. Die Härte des Eises hängt ab von seiner Temperatur. Bei sehr tiefen Temperaturen ist es sehr hart, spröde und zerbrechlich. Wird es langsam auf die Schmelztemperatur gebracht, so beginnt es seine Sprödigkeit zu verlieren und wird gegen anhaltende Druck-

[1]) Darunter versteht die Physik jene Körper, die das Licht bei der Brechung in zwei Strahlen zerlegen, einen ordentlichen und einen außerordentlichen; nur in einer Richtung findet keine solche Doppelbrechung statt, nämlich in der der optischen Achse, deren Richtung mit der kristallographischen Hauptachse zusammenfällt.

Digitized by Google

kräfte biegsamer, plastischer, ohne seine Kristalleigenschaften zu verlieren.

3. Wärme des Eises und Verflüssigung durch Druck. Neuere Beobachtungen haben die schon früher ausgesprochene Vermutung bestätigt, daß die Hauptmasse des Gletschereises sich konstant auf der Schmelztemperatur befindet, und zwar auf jener, die dem jeweiligen Drucke entspricht. Durch Druck wird nämlich der Schmelzpunkt des Eises unter 0° herabgesetzt, und zwar durch eine Verstärkung des Druckes um eine Atmosphäre (= Luftdruck auf 1 qcm; einer Tiefe von 40 m entsprechen daher ca. 4 Atmosphären) um 0,0075° C.; es entspricht also einer Tiefe von 40 m eine Schmelztemperatur des Eises von — 0,03° C. Wird nun der Druck noch gesteigert, so tritt bei dieser Temperatur eine sofortige Verflüssigung eines Teiles des Eises ein. Die Beobachtungen über die Wärme des Eises beziehen sich in den Alpen nur auf die Sommermonate; aber theoretische Erwägungen zeigen, daß auch im Winter, somit während des ganzen Jahres das bewegte Gletschereis die den jeweiligen Druckverhältnissen entsprechende Schmelztemperatur besitzt. Die Winterkälte dringt wohl durch Spalten in das Eis ein; aber sie findet auf ihrem Wege Wasser vor, das von inneren Verflüssigungen durch Druck herrührt und bringt dasselbe zum gefrieren. Die dabei frei werdende Wärme erhöht die Temperatur wieder auf den Schmelzpunkt.

4. Die Infiltrationsfähigkeit des Gletschereises, d. i. seine Durchlässigkeit für Flüssigkeiten, ist sehr gering und geschieht nur durch die Haarspalten der oberflächlichsten Schichten; in größeren Tiefen und überhaupt bei tiefen Temperaturen ist das Eis für Wasser ganz undurchlässig.

Digitized by Google

Die Entstehung des Gletschereises aus dem ganz anders beschaffenen Firneis haben wir uns nun vorzustellen als eine Umlagerung der die Masse zusammensetzenden kleinsten Teile, der Moleküle. Diese Umlagerung ist ein Werk der Kristallisationskräfte, welche die Moleküle veranlassen, sich nach bestimmten Gesetzen anzuordnen, was bei einem so plastischen Körper wie das Eis in der Nähe der Schmelztemperatur sehr wohl denkbar ist. Im Verlauf dieses Umwandlungsvorganges wachsen die einen Kristalle auf Kosten der anderen, und dieser Vorgang vollzieht sich gleichmäßig nach allen Richtungen; die Kristalle werden unregelmäßige Gestalt haben, und es werden alle möglichen Richtungen ihrer Achsen vorkommen. Dies gilt allgemein für alle Eissorten. Die Bildung von körnigem Eis aus Schnee, wie es beim Gletschereis der Fall ist, ist nach den Experimenten von Emden folgendermaßen zu denken: [1])

Wird eine Schneeschicht durch Einwirkung warmer Luft langsam zum Schmelzen gebracht, so durchtränkt das Schmelzwasser den Schnee, reinigt ihn von Luft und gibt den zwischen den Schneemolekülen wirkenden Kräften Gelegenheit, sich zu entfalten. In der Nacht gefriert dieser Schneebrei zu festem Eis, das sich als ein Konglomerat von kleinen, kugelförmigen, regellos orientierten Kristallen darstellt, die durch eine homogene Masse zementiert sind. Die Kügelchen entsprechen den zusammengeballten Schneeflocken, die Zementmasse dem gefrorenen Schmelzwasser. An der Unterfläche der Masse zeigt sich eine feine Zeichnung, die die Fläche in kleine regelmäßige Sechsecke zerlegt, ähnlich den Zellen

[1]) R. Emden, Ueber das Gletscherkorn. S. 12 ff.

Digitized by Google

der Honigwaben; die Masse nimmt also Kristallformen an. Da aber die Schneeflocken von Anfang an nicht gleich groß waren und auch nicht gleichförmig verteilt waren, so zeigen sich im weiteren Verlauf bald verschieden große Sechsecke; zwischen immer größer werdenden Kristallen lagern ganz kleine Kristallreste; es nehmen also „im Kampfe ums Dasein" die einen Kristalle auf Kosten der anderen an Masse zu. Die soweit gediehene Masse zeigt alle Erscheinungen des Eises in den oberen Teilen des Gletschers. Unter einer oberflächlichen Schicht durchtränkten Schnees liegt ein glasiges Gemisch von Eis und Luft; und nach unten folgt immer luftfreieres, körniges Eis mit immer größeren Körnern. Die Körner der untersten Schichte unterscheiden sich in nichts mehr von echten Gletscherkörnern. So war aus einer trüben, durch Zusammenfrieren von Schnee und Wasser entstandenen Masse allmählich ein klares, grobkörniges Eis geworden. — Das Gletschereis ist also nichts anderes als ein durch Umlagerung der Moleküle und allmähliche Aufzehrung des Eiszementes aus dem Firneis entstandenes Korngefüge. Das Eiszement verschwindet, die Firnkörner verlieren ihre Rundung, nehmen mehr eckige, unregelmäßige, knotige Gestalt an und werden zu Gletscherkörnern mit allen möglichen Achsenrichtungen. Firn- und Gletscherkorn sind also dem Wesen nach dasselbe; der Unterschied ist nur der, daß im Firneis die Körner durch ein Zement getrennt sind, während sie sich im Gletschereis unmittelbar berühren. Ein scharfer Uebergang von Firn- in Gletschereis ist dabei nicht möglich.

Dieser Prozeß der Umlagerung dauert aber auch im Gletschereis noch weiter an, und darauf beruht das Wachstum der Gletscherkörner. Die Körner

Digitized by Google

sind nicht alle gleichwertig, sondern es sitzen zwischen den großen Körnern kleinere, oft nur kleine Kornreste. Dieser Vorgang des Aufzehrens von Körnern geschieht unter Mitwirkung von Wasser und Wärme. Da das Gletschereis in seiner Hauptmasse die Schmelztemperatur hat, so tritt bei geringen Steigerungen des Druckes sofort ein teilweises Schmelzen des Eises ein, und nach Ausgleich der Druckunterschiede ein Wiedergefrieren des Schmelzwassers. Dabei ordnen die sich neu bildenden Eismoleküle demjenigen Korn sich an, welches auf sie die größte Anziehungskraft ausübt, und das ist in der Regel das größere Korn. Es wachsen also die von Anfang an größeren Körner auf Kosten der kleineren. Ein solches Schmelzen und Wiedergefrieren findet am häufigsten dort statt, wo Druckdifferenzen am häufigsten sind; das ist dort, wo auch die Geschwindigkeit der Eisbewegung am meisten schwankt, nämlich in den Randgebieten und am Gletschergrunde; dort wiederholen sich die Ankristallisationsvorgänge am häufigsten, daher finden sich dort die größten Körner.

Die Anschauungen über das Wesen des Kornwachstums gehen übrigens heute noch auseinander. Emden und Hagenbach-Bischoff nehmen eine Umlagerung der Moleküle von Kristall zu Kristall auf trockenem Wege an, ohne daß die Moleküle dabei ihren Aggregatzustand ändern. Für die Erklärung des Kornwachstums durch Druckschmelzung, wie sie oben nach Drygalski, Heß und Blümcke gegeben wurde, ist kürzlich auch Mügge eingetreten. Ein Ausgleich der verschiedenen Anschauungen ist bisher nicht erfolgt.

Außer der Konstruktur, die durch die ganze Masse des Gletschereises hindurch geht, zeichnen sich gewisse Teile des Gletschereises noch durch besondere Strukturformen aus. Während wir im Firngebiet des Gletschers als Schichtung die Spuren und Kennzeichen der ur-

Digitized by Google

sprünglichen Aufschüttung des Schnees im Firnfeld kennen gelernt haben, faßt man das Auftreten von Blättern blauen blasenfreieren Eises in der Gletscherzunge, sowie blätterförmig angeordneter Luftschmitzen als „Bänderung“ zusammen. Die erstere Art, die namentlich in den oberen Teilen der Zunge auftritt, läßt sich besonders an Spaltenwänden schön beobachten. Man sieht hier abwechselnde Lagen von blauem und weißem Eise. Diese „Bänder“ sind linsen- oder plattenförmige, sich auskeilende, an Länge und Breite sehr verschiedene

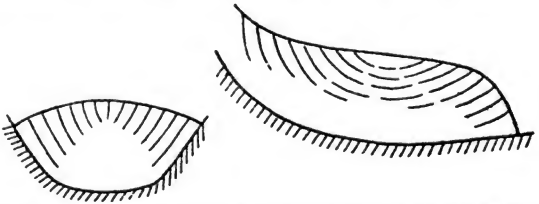


Fig. 7. Blaublätterstruktur a) im Querschnitt, b) im Längsschnitt.

Blätter; die blasenfreieren und daher blauen bilden an der Gletscheroberfläche Rippen, die blasenreicheren weißen Furchen, die ungestört über alle Unebenheiten der Eisoberfläche hinweglaufen und sich der Bewegungsrichtung des Eises anpassen. Bei zusammengesetzten Gletschern hat jeder Zufluß sein eigenes System blauer und weißer Blätter. Im oberen Teil der Zunge fallen dieselben steil gegen die Gletscherachse ein, legen sich dann flacher und richten sich im unteren Teil wieder auf. Im Querprofil gesehen, zeigen diese Lagen im allgemeinen einen dem Gletscherboden parallelen Verlauf, wobei sie aber gegen die Ränder des Eises sich immer steiler aufrichten. So entsteht im ganzen eine löffelförmige Anordnung der Blätter (Fig. 7). An der Oberfläche bilden

Digitized by Google

sie talwärts konvexe Bogen; in den Rippen und Furchenhüscheln bleibt Sand und Staub hängen, so daß diese Ogiven als „Schmutzbänder“ erscheinen. Man kennt diese sog. „Blaublätterstruktur“ wohl von allen Gletschern; doch ist ihr Verhältnis zur Firnschichtung noch nicht aufgeklärt. Der Umstand, daß eine Durchkreuzung der Schichtung durch die Bänderung gelegentlich beobachtet wurde, scheint gegen die Annahme zu sprechen, daß die Bänder nichts anders sind als ausgewalzte Firnschichten. Da aber diese auch bei ihrer langen Wanderung im Firngebiet erhalten bleiben und eine andere Struktur auf der Gletscherzunge nicht auftritt, so ist nicht einzusehen, warum die ursprüngliche Schichtung nicht auch bis in die Gletscherzunge hinein bestehen bleiben soll; und es gewinnt also die heute vorherrschende Meinung, daß die Bänderung aus der Firnschichtung hervorgegangen ist, immer mehr an Wahrscheinlichkeit;[1]) allerdings haben die Schichten bei ihrem Wege durch den Gletscher vielfache Veränderungen erfahren, bis sie in die Form von Blättern umgewandelt wurden. Die Körner der blauen Blätter unterscheiden sich von denen der Umgebung durch ihre außergewöhnliche Größe und ihre plattige, senkrecht zur Richtung des Blattes zusammengedrückte Gestalt; ihre Achsen sind zumeist gleich orientiert, nämlich senkrecht zur Richtung des Blattes.

Eine andere Erscheinung sind die sog. weißen Blätter, von vielen Metern Länge, aber geringer Breite, bestehend aus sehr luftreichem, rein weißem Eise mit kleinen Körnern, die ebenfalls als Rippen über die Oberfläche ragen, da sie von der Sonne wegen ihrer

[1]) Heß, Ueber den Zusammenhang zwischen Schichtung und Bänderung. Neues Jahrbuch für Mineralogie. 1902. I. 23—34.

Digitized by Google

Reinheit weniger angegriffen werden. Sie treten stets unterhalb von Gletscherbrüchen auf und sind aus Schnee hervorgegangen, der in Spalten eingeklemmt und allmählich in Eis umgewandelt wurde. Dieses ist also noch jünger als das Eis der Umgebung, daher sind auch seine Körner noch kleiner. Mit der Zeit gehen die weißen Blätter in dem übrigen Gletschereise auf.

In der Randzone des grönländischen Binneneises tritt eine eigentümliche Bänderung des Eises auf, der Blaublätterstruktur verwandt, die sie in den übrigen Teilen des Eises vertritt. Sie besteht in einer parallelen Anordnung eingeschlossener Sand- und Kieslagen, die eine Braunfärbung der Masse erzeugen, und einer ebensolchen Anordnung der Luftblasen, die eine weißliche Farbe des Eises bedingt. In der Regel wechsellagern die braunen und weißen Bänder; nach oben gehen sie in gewöhnliches blaues Eis über. Die Bänder zeigen oft bizarre Pressungs- und Faltungserscheinungen, die durch Stauchungen des Eises am Untergrund entstehen. Für die Entstehung dieser Bänderung ergibt sich ein Anhaltspunkt darin, daß die optischen Hauptachsen der Körper stets senkrecht zum Verlauf der Bänder orientiert sind. Nach Drygalski hat hiebei eine Neuordnung der dem Eise beigemengten fremden Bestandteile stattgefunden, und zwar durch Druckwirkungen, wobei die Eiskörner verflüssigt wurden und dann mit der Achsenstellung in der Druckrichtung, senkrecht zum Verlauf der Bänder, neu gefroren.

Eine eigentümliche Struktur, die bisher nur an wenigen Gletschern beobachtet wurde, sind die sog. Reid (spr. Rid) schen Kämme, so benannt nach dem Amerikaner Fielding Reid. Abwechselnde Lagen von klarem weißem und trübem Eis sind gefaltet, so daß jede klare Schicht als ein kleiner Kamm, jede getrübte als eine Vertiefung erscheint. Der Verlauf der Kämme und Vertiefungen ist parallel der Längsrichtung des Gletschers. Auch sie bilden an der Oberfläche eine Art von bald spitz ausgezogenen, bald rundlichen Ogiven.

Während die Konstruktur vom Gletscher als fließender Masse unabhängig ist und auch an einer ruhenden

Digitized by Google

Eismasse auftreten müßte, stehen die anderen Strukturformen des Gletschereises mit dessen Bewegung in Zusammenhang und erfahren durch dieselbe Aenderungen ihrer Gestalt. Ihre Entstehungsursachen verknüpfen sich mit den im Innern des Eises stattfindenden Veränderungen. Wir wenden uns daher nunmehr zu der fließenden Bewegung des Gletschers.

IV. Die Bewegung der Gletscher.

Der erste Eindruck, der sich uns bei der Betrachtung eines Gletschers aufdrängte, war der Vergleich mit einem Strome. Die scheinbar starre Eismasse ist ebenso wie ein Fluß in beständiger Bewegung begriffen; es handelt sich aber nicht nur um ein bloßes Gleiten auf geneigter Unterlage, sondern um ein wirkliches Fließen, wobei die einzelnen Teilchen Veränderungen ihrer gegenseitigen Lage mitmachen.

1. Die Tatsachen der Bewegung.[1])

1. Jedes Teilchen des Gletschers rückt im Laufe des Jahres um ein meßbares Stück talabwärts; die Größe desselben ist aber von den verschiedensten Umständen abhängig. An den Zungen größerer Gletscher der Alpen und Skandinaviens finden wir eine mittlere

[1]) Darüber sind wir namentlich durch Gletschervermessungen der letzten Jahrzehnte gut unterrichtet; in der Schweiz wird seit 1874 an der Vermessung des Rhônegletschers gearbeitet, in den Ostalpen werden seit 1882 zahlreiche Gletscher kartographisch aufgenommen; vgl. das Literaturverzeichnis.

Digitized by Google

Bewegung von 1—3 dm pro Tag (die größte Bewegung wurde gemessen am Glacier de Talèfre in der Montblanc-Gruppe, nämlich 3,6 dm) und etwa 40 bis 100 m im Jahr. Nur in seltenen Fällen werden Geschwindigkeiten bis über 200 m beobachtet. Geringer sind sie an kleinen Gehängegletschern; der Hölltalferner in den nördlichen Kalkalpen erreicht nur 12 m, der kleine Plattachferner an der Zugspitze gar nur 2—3 m jährliche Bewegung. Ganz außerordentlich groß ist aber die Geschwindigkeit der Eisbewegung an den Ausläufern des grönländischen Binneneises; sie steigt hier bis über 20 m im Tag und 6 km im Jahr. Im Vergleich zu Flüssen ist die Geschwindigkeit der Gletscher also eine sehr kleine. Ein Fluß von der Breite, Tiefe und dem Gefälle des Rhônegletschers würde sich 14 Millionen mal schneller bewegen. Nach Heims Berechnung braucht ein Eisteilchen zu seinem Wege vom Gipfel der Jungfrau durch den Aletschgletscher bis ans Gletscherende (= 24 km) etwa 450 Jahre.

2. Ebenso wie bei den Flüssen findet eine Zunahme der Geschwindigkeit von den Rändern gegen die Mitte des Gletschers statt, erzeugt durch die Reibung an den Uferwänden, die sich durch den ganzen Gletscher bis zur Mitte fortpflanzt. Legt man quer über den Gletscher eine gerade Linie aus Steinen oder Pfählen, so findet man dieselbe im nächsten Jahr talwärts konvex ausgebogen. Die Zunahme erfolgt vom Rande aus zuerst sehr rasch, dann immer langsamer; bei großen Gletschern existiert eine ziemlich breite mittlere Zone mit fast gleich großen Geschwindigkeiten. Hinter vorspringenden Ecken des Randes hört die Bewegung ganz auf, wie in Untiefen des Flusses. Die Zunahme gegen die Mitte erfolgt nicht sprungweise,

Digitized by Google

sondern kontinuierlich, von Teilchen zu Teilchen. Wo das Gletschertal einen Bogen beschreibt, nähert sich die Linie der Maximalbewegung der konkaven Talseite. Verbindet man daher auf einem Gletscher mit gewundenem Lauf die Punkte größter Geschwindigkeit, so erhält man eine Schlangenlinie, deren Windungen viel stärker ausgebogen sind, als die Mittellinie des Gletschers. Dieselbe Erscheinung findet sich auch bei den Mäandern eines Flusses. Die Linie größter Geschwindigkeiten, der „Stromstrich", nähert sich dem konkaven Ufer und entfernt sich vom konvexen.

Die Zunahme der Geschwindigkeit von den Rändern gegen die Mitte illustrieren folgende Zahlen:

1. Unteraargletscher (Agassiz 1842/43).

Entfernung von der Mittelmoräne in m:	525	450	300	150	0
Jährliche Bewegung in m:	4,3	20,8	54,1	64,6	69,4

Entfernung von der Mittelmoräne in m:	180	450	564	690	780	840
Jährliche Bewegung in m:	74,5	68,5	50,8	43,5	12,0	2,1

Der Unteraargletscher entsteht aus mehreren Zuflüssen; ihre Vereinigung geschieht genau so wie die mehrerer Flüsse; der zusammengesetzte Gletscher bewegt sich in einiger Entfernung unterhalb der Vereinigungsstelle wie ein einheitlicher Strom.

2. Hintereisferner, Steinlinie II. ca. 2550 m hoch (Heß und Blümcke 1895/96).

Entfernung vom rechten Ufer in m:	40	80	120	165	205
Jährliche Bewegung in m:	27,3	29,1	30,4	32,3	38,0

Entfernung vom rechten Ufer in m:	255	285	325	355	405	445	475	500
Jährliche Bewegung in m:	32,5	33,8	33,0	33,5	37,1	27,9	20,5	19,7

Hier findet sich jenseits der Mitte noch eine kleine Zunahme der Geschwindigkeit; der Gletscher ist hier stark von Spalten zerrissen, seine Bewegung beschleunigt.

Digitized by Google

3. Großer Karajak-Eisstrom in Grönland (Drygalski 1892).

Entfernung vom Lande in m:	100	250	700	1000	1500	1800	2000	3500	4500
Mittlere Bewegung in 24 h in m:	0,2-0,4	1-2	5	7	14-15	16	18-19	18-19	13

Die Unterschiede der Geschwindigkeit am Rand und in der Mitte sind im Sommer geringer als im Winter und bei überhaupt großen Geschwindigkeiten größer als bei kleinen; beim Karajak-Eisstrom bewegt sich die Mitte etwa 90 mal rascher als der Rand.

3. Die Größe der Bewegung ist verschieden in der Länge des Gletschers. Im allgemeinen ist die Bewegung bei Gletschern mit regelmäßigem Bette an der Wurzel der Zunge am größten und nimmt von da nach dem Gletscherrande ab.

Diese Erscheinung erklärt sich schon daraus, daß die Ablation nach unten hin zunimmt, und daher die strömenden Massen nach unten geringer werden. Soll das Gleichgewicht im Gletscher erhalten bleiben, so muß durch jeden Querschnitt im Laufe eines Jahres soviel Masse hindurchgehen, als in dem unterhalb dieses Querschnittes gelegenen Teil des Gletschers zur Abschmelzung kommt. Bedeutet Q die Größe des Querschnittes, A die jährliche Ablation unterhalb desselben, v die jährliche mittlere Geschwindigkeit, so besteht die Beziehung: $A = v \cdot Q$. Nun nimmt bei jedem Gletscher infolge seiner keilförmigen Gestalt gegen das Ende die Ablationsfläche viel rascher ab als die Querschnittsflächen; daher muß auch die Geschwindigeit gegen das Gletscherende abnehmen.

Dies zeigen u. a. folgende Zahlen:

1. Aletschgletscher 1869:

Entfernung vom Gletscherende in m:	15 000	8000	2000
Mittlere tägliche Bewegung in m:	0,404	0,294	0,240

2. Hintereisferner: Die Maximalgeschwindigkeiten betrugen im Jahre 1894/95:

Digitized by Google

am Gletscherende							in der Höhe von	2300 m	4,0 m
in der	1.	Steinlinie					in der Höhe von	2460 „	29,6 „
„	„	2.	„	„	„	„	„	2540 „	40,6 „
„	„	3.	„	„	„	„	„	2580 „	43,7 „
„	„	4.	„	„	„	„	„	2610 „	46,8 „
„	„	5.	„	„	„	„	„	2640 „	49,1 „
„	„	6.	„	„	„	„	„	2670 „	51,5 „

Die Abnahme der Geschwindigkeit gegen das Gletscherende geschieht in beschleunigtem Tempo.

Es finden sich aber häufig Abweichungen von dieser Regel, hervorgerufen durch Störungen in der Regelmäßigkeit des Gletscherbettes. Wo dessen Böschung größer wird, nimmt die Geschwindigkeit zu; die stärksten Bewegungen finden sich zumeist in Gletscherbrüchen. In dem Sturz des Rhônegletschers betrug die mittlere Geschwindigkeit in den Jahren 1881—1885 250 m, oberhalb nur 110 m. Dabei ist bemerkenswert, daß die Steine, nachdem sie den Sturz passiert haben, wozu sie 4 Jahre brauchen, sich wieder in derselben Reihenfolge anordnen, in der sie ursprünglich gelegt wurden. Die im Sturz aufgewühlten Massen des Eisstromes glätten sich unterhalb des Sturzes wieder wie die Wellen eines Wasserfalles.

Solche Anomalien werden zur Regel bei den im Meere abbrechenden Ausläufern des grönländischen Binneneises; die Geschwindigkeit nimmt fjordwärts zu. Im Karajak-Eisstrom betrug die mittlere tägliche Bewegung in einer Entfernung vom Meere von

7500 m	8,9 m
4750 „	12,6 „
500 „	19,4 „

Die Erklärung hierfür liegt in folgendem: Die Binneneisausläufer haben kein natürliches, durch Abschmelzung entstandenes Ende, sondern brechen inmitten

Digitized by Google

ihrer Entwickelung im Meere ab, wie ein gewöhnlicher Gletscher an einer Steilwand. Könnten sie soweit auslaufen, bis sie durch Ablation verzehrt werden, so würde auch die Verzögerung gegen das Ende eintreten. So sind sie aber in der Mitte abgebrochen, bevor noch die Verlangsamung eintreten kann; vielmehr tritt durch das Hinströmen zum Abbruch eine Beschleunigung ein.

4. Die Größe der Bewegung ist abhängig von Form und Größe des Querschnittes des Gletschers:

a. Die Geschwindigkeit nimmt zu mit der Größe des Querschnittes, und es überwiegt die Zunahme der Tiefe den Einfluß der stärkeren Böschung. Die zwar steilen, aber nur wenig mächtigen Gehängegletscher bewegen sich viel langsamer als die großen Talgletscher; die enormen Geschwindigkeiten bei den Ausläufern des grönländischen Inlandeises sind nur eine Folge ihrer ungeheuren Mächtigkeit.

b. Die Geschwindigkeit nimmt zu in Verengungen des Querschnittes. Der Glacier de Géant (Mont-Blanc-Gruppe) mit 1000 m Breite und ca. 0,32 m täglicher Geschwindigkeit vereinigt sich mit dem Glacier de Léchaud mit 750 m Breite und 0,24 m täglicher Geschwindigkeit. Etwa 1000 m unterhalb wird der zusammengesetzte Eisstrom auf 870 m eingeengt, und dabei steigert sich die Geschwindigkeit fast um das Doppelte, nämlich auf 0,5 m. In der jetzt abgeschmolzenen Zunge des Suldenferners in der Ortlergruppe fällt nach den Berechnungen Finsterwalders die größte Geschwindigkeit nicht mit der stärksten Neigung der Gletscherfläche zusammen, sondern mit einer Verengung des Querschnitts. Unterhalb davon breitet sich der Gletscher aus, die Geschwindigkeit nimmt rasch ab; denn die Tiefe des Glet-

Digitized by Google

schers wird geringer. Indem die Eismassen aber längere Zeit zur Zurücklegung ihres Weges nach den nächsten Querschnitten brauchen, haben sie mehr unter der Abschmelzung zu leiden. Jede Verengung bedeutet also Tiefenzunahme, jede Ausbreitung eine Tiefenabnahme.

5. Die Bewegung im Innern des Gletschers ist schwer zu messen. Die Geschwindigkeit nimmt gegen den Grund ab, doch liegt, wie die Bohrungen am Hintereisferner gezeigt haben, das Maximum der Geschwindigkeit nicht an der Oberfläche, sondern in geringer Tiefe unter derselben. Nach Tyndall betrug die tägliche Bewegung am Fuße einer Eiswand am Glacier du Géant, 42 m unter dem oberen Rand, 0,065 m, am oberen Rand 0,15 m; das bedeutet also eine sehr rasche Abnahme der Geschwindigkeit gegen die Tiefe. Nach Finsterwalder erfolgt die Abnahme der Geschwindigkeit beim Suldenferner von der Mitte gegen den Rand viel rascher als von der Oberfläche gegen die Tiefe. Es sind also die tieferen Teile des Gletschers verzögert, noch stärker die randlichen. Daraus ergibt sich notwendig:

6. Eine Transversalbewegung. Die langsamer bewegten Randteile leiden auf demselben Wege mehr durch Ablation als die mittleren; zur Erhaltung des Gleichgewichtes müssen sie daher einen Ersatz erhalten, und dies geschieht durch eine von der Mitte gegen die Ränder gerichtete Transversal- oder Seitenbewegung. Dieselbe ist fast immer geringer als die Longitudinalbewegung in der Richtung des Gefälles und nimmt im allgemeinen gegen das Gletscherende und den Rand an Größe zu. Besonders groß ist sie dann, wenn der Gletscher in eine Talweitung tritt, weil dann die randlichen Partien auf ihrem Wege nach abwärts am stärksten verzögert werden. Beim Rhônegletscher in ca. 2400 m

Digitized by Google

Höhe ist die seitliche Bewegung für einige Punkte der hier gelegten Steinlinie ebenso groß als die Longitudinalbewegung, nämlich 25 m im Jahr.

7. Auf dem grönländischen Inlandeise konstatierte Drygalski das Vorhandensein einer Vertikalbewegung, welche in den Randpartien ein Schwellen des Eises nach oben, in den mittleren Teilen ein Einsinken der Oberfläche zur Folge hat. Die Schwellung betrug im Mittel in 9 Monaten 0,7 m, wird aber oft von der Ablation übertroffen, so daß tatsächlich ein Einsinken der Oberfläche stattfindet. Für die Randgebiete ergibt sich daraus eine Zufuhr von Masse aus den tieferen, inneren Lagen gegen die Oberfläche, als Ersatz für die von der Ablation entführten Massen.

8. Die Bewegung des Gletschers ist verschieden nach den Jahreszeiten; und zwar zeigt sich für die Alpengletscher im allgemeinen eine Zunahme der Bewegung vom Winter gegen den Sommer, die schon im Dezember beginnt und meist noch vor Beginn des Hochsommers ihren größten Betrag erreicht. Am Unteraargletscher betrug 1845/46 die Bewegung vom 17. April bis 30. Mai 0,374 m für den Tag, vom 19. Dezember bis 11. Januar 0,133 m, also etwa nur den dritten Teil. Der Grund dieser jahreszeitlichen Schwankungen liegt wohl in der größeren und geringeren Beweglichkeit des Eises im Sommer und Winter. Wärme und Durchtränkung mit Schmelzwasser erhöht, Kälte und Mangel an Schmelzwasser vermindert die Geschwindigkeit.

9. Die Bewegung des Gletschers ist verschieden nach den Jahrgängen. Auf dem Unteraargletscher wurde im Jahre 1840 von Gletscherforschern aus Steinen eine Hütte erbaut. Die Trümmer derselben

Digitized by Google

haben von 1840—1899 einen Weg von 3200 m zurückgelegt; dabei betrug die mittlere jährliche Geschwindigkeit:

1840—46	73 m
1840—84	55 „
1884—99	53 „

Die Oberflächengeschwindigkeiten des Hintereisferners sind seit 1894 in beständiger Abnahme begriffen; sie betrugen pro Jahr:

	in der Mitte	am Rand der 3. Steinlinie
1893—94	34,7	28,7
1894—95	41,2	34,0
1895—96	38,7	32,1
1896—98	38,0	31,3

Ein ganz anderes Verhalten zeigt der benachbarte Vernagtferner. Die jährliche Geschwindigkeit war seit 1889 in beständiger Zunahme; sie betrug im oberen Profil pro Jahr:

1889	17 m	1894—96	96 m
1890—92	25 „	1896—98	177 „
1892—94	51 „	1898—99	280 „[1])

10. Die Bewegungen im Firnfeld sind bisher nur selten gemessen. Allgemein nimmt die Geschwindigkeit von der Zungenwurzel nach oben hin ab, weil in gleicher Richtung die Breite des Querschnitts zu-, die Mächtigkeit abnimmt. Für den unteren Teil des Firnfeldes des Hintereisferners betrug die jährliche Bewegung in der Mitte mehr als 40 m und nahm nach den Rändern ab. Recht groß sind die Geschwindigkeiten im Firnfeld des Rhônegletschers; in 2800 m Höhe wurde von 1883—1897 eine mittlere jährliche Geschwindigkeit von 98 m gemessen.

[1]) Wir kommen auf diese Erscheinung in dem Abschnitte über Gletscherschwankungen noch zurück.

Digitized by Google

2. Die Spalten des Gletschers.

Alle Beobachtungen über die Bewegung der Gletscher beweisen eine innere Verschiebbarkeit der Teilchen. Der Gletscher fließt wie eine sehr träge, dickflüssige Masse. Indem er sich auf geneigter Unterlage abwärts bewegt, folgt er der Zugwirkung der Schwerkraft; gleichzeitig ist er Druckwirkungen unterworfen, entstanden durch seine eigene Schwere. Diesen gegenüber erweist er sich plastisch; gegen Zug hingegen verhält er sich spröde wie ein fester Körper; sobald der Zug eine gewisse Größe erreicht, wird das Gefüge der Eismasse aufgehoben, der Gletscher zerreißt, es entstehen Spalten. Ihr Verlauf ist immer senkrecht zur Richtung des größten Zuges; sie bedeuten also Auslösungen von Spannungen im Innern der Eismasse.

1. Im Firnfeld wirken die Zugkräfte von allen Punkten der Umrahmung nach dem tiefsten Punkte des Beckens. Da die Felswände mit ziemlich großer Neigung zum Firnfeld abfallen, reißt sich die talwärts gezogene Firneismasse von dem auf der Felsunterlage fest aufsitzenden und angefrorenen Firn los; so entsteht als Abgrenzung zwischen ruhendem und bewegtem Firn die Randkluft der Firnmulde (oder der Bergschrund). (Fig. 8.) Ihr Verlauf ist bogenförmig; bald umzieht sie zusammenhängend das ganze Becken, bald klaffen nur einzelne, weit voneinander getrennte Risse. Zumeist ist sie auf große Strecken von frischem Schnee verhüllt und birgt dann wegen ihrer außerordentlich großen Tiefe die größten Gefahren für den Gletscherwanderer. Bisweilen treten treppenförmig untereinander mehrere Klüfte auf; in der Regel ist der obere Rand höher als der untere. Außerdem zeigt das Firnfeld

Digitized by Google

Fig. 8. Sonklarspitze vom Becherhaus. Nach einer Photogravüre von Fr. Gratl in Innsbruck.

Digitized by Google

eine von der Beschaffenheit des Untergrundes abhängige Zerklüftung. Oft ist es auf weite Strecken, so namentlich in Skandinavien, eben, ohne Spur einer Klüftung; dann aber häufen sich an manchen Stellen, infolge größerer Unebenheiten des Bodens, die Klüfte, so daß die ganze Firndecke in prächtige „Séracs" mit den abenteuerlichsten Formen zerborsten erscheint. Da auch diese Firnklüfte nur ein Stück ihrer Länge sichtbar sind, so erheischt die Begehung eines Firnfeldes große Vorsicht.

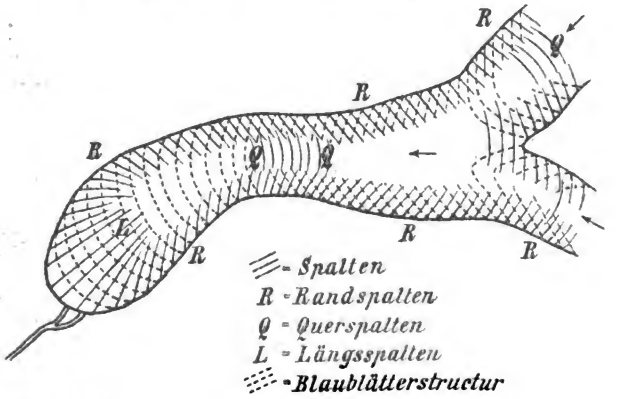


Fig. 9. Anordnung der Spalten und Struktur auf der Gletscherzunge (nach Heim).

2. Die Spalten der Gletscherzunge haben zumeist einen durch die Richtung der Bewegung gegebenen geradlinigen Verlauf mit geraden Rändern und ebenen Wänden. Nach ihrer Lage und Richtung lassen sich unterscheiden (Fig. 9):

a) Randspalten; sie verlaufen vom Rande unter einem Winkel von ungefähr 45° gegen die Mitte aufwärts. Da die Bewegung des Gletschers in der

Digitized by Google

Mitte größer ist als an den Rändern, so sind die randlichen Partien einem talwärts gegen die Mitte gerichteten Zuge unterworfen; senkrecht zu diesen Zuglinien entstehen die Randspalten. Da diese Streckung am Rande am größten ist, so müssen die Randspalten am Rande einreißen, hier am weitesten klaffen und gegen die Mitte sich auskeilen. Die Randspalten finden sich auf allen Gletschern und sind am zahlreichsten in der Umgebung von Vorsprüngen des Ufers und bei Krümmungen des Tales. Sie behalten ihre Richtung nicht bei, sondern drehen sich um den Gletscherrand und schließen sich, bevor sie quer zur Längsrichtung des Gletschers gestellt sind, während unterdessen neue sich in der früheren Richtung bilden.

Derselbe Typus von Spalten findet sich am Rande des grönländischen Inlandeises; dort, wo dessen Bewegung am größten ist, sind die Bewegungsunterschiede zwischen Rand und Innerem am kleinsten, und dort verlaufen diese Spalten unter kleineren Winkeln gegen den Rand. Sie setzen meist bei scharfem Frost ein, der die Spannung auslöst, und schweißen bald wieder zusammen. Die Verhältnisse komplizieren sich hier noch dadurch, daß sich Spaltensysteme von verschiedener Richtung kreuzen, so daß die Oberfläche mehrfach zerklüftet ist.

b) Die Querspalten sind eine Folge des in der Längsrichtung des Gletschers abwärts wirkenden Zuges. Sie verlaufen also quer zur Strömungsrichtung, aber selten über die ganze Breite des Gletschers zusammenhängend und treten auf, sobald das Eis sich über allzu steile Böschungen bewegt. Schon oberflächliche Gefällsänderungen von wenigen Graden erzeugen starke Querklüftungen. Bei größeren Knickungen des Gefälles entstehen die gewaltigen Gletscherbrüche, in denen das Eis, in einzelne Platten, Pfeiler und Türme aufgelöst, wie

Digitized by Google

Fig. 10. Großer Ötzthaler Ferner. Nach einer Photographie von A. Czichna in Innsbruck.

Digitized by Google

ein erstarrter Wasserfall herabstürzt. Am Fuße der Gletscherstürze vereinigen sich die Trümmer sehr bald, die Querspalten schließen sich. Die berühmtesten Gletscherbrüche in den Alpen haben der Rhône-, Gorner-, Morteratsch-, Obersulzbach-, Großer Gurglergletscher (Fig. 10). Die norwegischen Gletscher haben in der Regel Gletscherbrüche beim Uebergang von der flacheren Plateaufläche in die Gletscherzunge; die Ausläufer des grönländischen Inlandeises weisen eine ähnliche Zerklüftung beim Abbruch ins Meer auf.

c) Die Längsspalten entstehen dann, wenn die Zugrichtung senkrecht zur Hauptbewegungsrichtung steht, also zumeist bei Ausbreitung des Gletschers in Talweitungen; sie verlaufen daher in der Längsrichtung des Gletschers; nahe dem Gletscherende, wo sich die Zunge kuchenförmig ausbreitet, laufen sie fächerförmig auseinander und werden von den talwärts konvex gekrümmten vereinigten Rand- und Querspalten gekreuzt.

Die Spalten entstehen zumeist plötzlich unter schußähnlichem Knall. Der anfangs nur schmale Sprung erweitert sich rasch nach Breite und Tiefe; erstere kann 20, letztere weit über 100 m erreichen. Selten gehen sie bis an den Grund, da dort infolge des großen Druckes die Eismasse weniger spröde ist. Am oberen Rande wirkt Abschmelzung, namentlich durch Wasser, an der Ausweitung der Spalten mit. Am zahlreichsten sind Spalten an steilen Gletschern mit unregelmäßigem Bette, aber auch an wenig mächtigen Gletschern; denn diese können viel leichter durch Unebenheiten des Untergrundes oder Verschiedenheiten der Geschwindigkeit gestört werden. Eine Abnahme der Mächtigkeit des Eises äußert sich also oft schon in zunehmender Zerklüftung. Das ungeheuer mächtige grönländische Binneneis hat keine Spalten, die durch den Untergrund bedingt sind. Die Spalte wandert mit dem Gletscher nicht abwärts; denn die von ihr betroffenen Eisteile gelangen weiter unten in Gegenden, wo die Bedingungen zur Spaltenbildung

Digitized by Google

fehlen; daher schließt sich die Spalte, und es entsteht an derselben Stelle eine neue, ebenso wie sich Stromschnellen und Wasserfälle immer an dieselbe Stelle des Flußbettes knüpfen.

3. Entstehung der Gletscherbewegung.

Aus den Tatsachen der fließenden Eisbewegung und der Beschaffenheit des Materials können wir uns ein Bild von den Vorgängen machen, welche die Bewegung erzeugen, oder mit anderen Worten: die Frage beantworten, wieso es kommt, daß ein scheinbar so starrer Körper, wie das Eis, ins Fließen geraten kann. Ein solcher Körper muß dickflüssig sein, er muß auf Zug reißen, was wir an den Spalten sehen, und auf Druck plastisch sich verhalten. Wir wissen aber, daß die Plastizität des Eises abhängig ist von seiner Temperatur und mit der Annäherung an den Schmelzpunkt wächst. Da nun die Hauptmasse des Gletschers an jeder Stelle die Temperatur hat, bei der das Eis unter dem dort herrschenden Drucke schmilzt, so folgt, daß die Plastizität des Gletschereises eine sehr große ist. Daraus läßt sich nun die Entstehung der fließenden Bewegung des Eises folgendermaßen denken: In einer gewissen Tiefe unter der Oberfläche wird durch Druck ein Teil des Eises in Wasser verwandelt. Das so entstandene Schmelzwasser entweicht nach Hohlräumen im Eise, die es erfüllt, gelangt hier unter geringeren Druck und erstarrt wieder zu klarem Eis. Dasjenige Wasser, das nach Ausfüllung der Hohlräume noch übrig ist, wird nach abwärts gepreßt, gelangt aus Gebieten größerer Eismächtigkeit nach solchen geringerer Mächtigkeit; dadurch kommt es aber auch in Gebiete geringeren Druckes und wird etwas entlastet; daher kann ein Teil des Wassers gefrieren; dabei wird Wärme frei, welche

Digitized by Google

wieder Verflüssigungen des Eises erzeugt; das so verflüssigte Wasser wird wieder weggepreßt, erstarrt wieder, und so wiederholt sich im Innern des Gletschers beständig der Wechsel von Verflüssigungen und Wiederverfestigungen. Jede Verflüssigung erzeugt eine Volumverminderung, und das talaufwärts gelegene Eis rückt nach. Jede Verfestigung erzeugt eine Vermehrung der Dichte des Eises. Durch das teilweise Schmelzen werden die Körner an den Korngrenzen verschiebbar und folgen dem Zuge der Schwere nach unten. Die Schwerkraft ist also die treibende Kraft der Bewegung, der beständige Wechsel des Aggregatzustandes ist die Bedingung des Fließens. — Dieser Prozeß geht am energischsten in den Schichten vor sich, wo die Mächtigkeit und daher der Druck am größten ist, also in der Tiefe. Die Tiefenpartien haben also die größte Beweglichkeit, wenn auch nicht die größere Geschwindigkeit; die oberflächliche Eiskruste, die unter keinem Drucke steht, ist an sich bewegungslos; sie bildet also eine starre und passiv schwimmende Decke über der gelockerten, plastischen Masse des Innern. Ihre Geschwindigkeit ist daher gegen die nächst tieferen Schichten etwas verzögert, sie vermag auch den Zugwirkungen nicht nachzugeben und kann die Verschiebungen des Innern nicht in gleicher Weise mitmachen; sie zerreißt, es entstehen die Spalten.

Diese Erklärung der fließenden Bewegung des Gletschers geht in ihren Anfängen auf den englischen Physiker Thomson zurück; sie wurde dem Wesen nach auch von Heim angenommen und in der letzten Zeit von Drygalski und Crammer ausgebaut, so daß sie heute ziemlich allgemein angenommen wird. Neben ihr haben alle früheren Erklärungsversuche, die bis in den Anfang des

Digitized by Google

18. Jahrhunderts zurückgehen, nur historisches Interesse.[1]) Die Tatsachen der Eisbewegung und die Strukturformen des Eises finden nun eine ungezwungene Erklärung. Die horizontalen Firnschichten werden durch die fließende Bewegung des Eises beim Uebergang aus dem weiten Firnbecken in das enge Gletschertal und durch die Verzögerung der Bewegung am Rande und Grunde ausgewalzt und erhalten die vorhin beschriebene löffelartige Gestalt. Durch die im Innern sich abspielenden Druckänderungen erklärt sich auch die Umwandlung gewisser Partien in blaues Eis. Wenn in einer Fläche senkrecht zur Richtung des größten Druckes eine momentane Verflüssigung durch Druck eintritt, wird Luft ausgequetscht, und die von ihr bisher eingenommenen Hohlräume füllen sich mit Wasser, das nach der Entlastung wieder gefriert. Daher die schöne blaue Farbe in den blauen Blättern im Gegensatz zu dem luftreichen weißen Eise. Aehnlich entsteht wohl auch die Bänderung im grönländischen Inlandeis. Durch Verflüssigung unter Druck und Regelation geschieht eine Neuanordnung der dem Eise beigemengten fremden Bestandteile, der Luftblasen und Verunreinigungen des Eises.

Außer der fließenden Bewegung findet auch stets ein Gleiten des Eises an seinem Talbette statt; am Vernagtferner wurde aber auch in gewissen Fällen ein Gleiten über darunter befindliche Schichten des Eises beobachtet. An einigen Gletschern des hohen Nordens, wo infolge der großen Kälte die Beweglichkeit des Eises geringer ist, scheinen gleitende Bewegungen in größerem Maßstabe vorzukommen und die fließenden zu übertreffen.

Alle Theorien der Gletscherbewegung, die auf ihre Ursachen zurückgehen, beruhen auf Tatsachen der Physik des Eises. Man kann aber auch zu einer Vorstellung von dem Wesen der Gletscherbewegung aus rein geometrischen Anschauungen, ohne physikalische Voraussetzungen gelangen. Eine solche Theorie, die selbstverständlich keinen Gegensatz zu den physikalischen

[1]) Eine Zusammenstellung derselben gibt Heim, Gletscherkunde, S. 290 ff.

Digitized by Google

Theorien bildet, da sie ja von der Frage über die Entstehung der Bewegung vollkommen absieht, ist die Finsterwalderſche Strömungstheorie (vgl. Fig. 11). Diese geht aus von der Annahme einer stationären und stetigen Strömung der Gletschermasse. Die Strömung ist stationär, wenn sie sich an jeder Stelle im Laufe der Zeit nach Größe und Richtung nicht ändert, und sie ist stetig, wenn Teilchen, die ein-

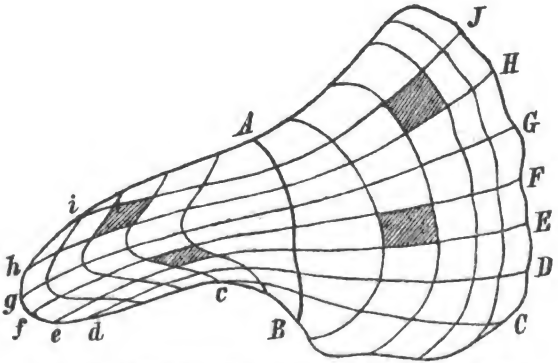


Fig. 11. Verteilung der Stromlinien nach Finsterwalder.

mal einander benachbart sind, dies auch im Verlauf der Bewegung bleiben. Der von einem Teilchen zurückgelegte Weg stellt eine Stromlinie dar. Benachbarte Teilchen haben also benachbarte Stromlinien. Zur Versinnlichung dieser Bewegung dient die Strömung einer Flüssigkeit in einer geneigten Röhre. Zerschneidet man dieselbe durch einen in der Längsachse geführten, nach oben konvexen Schnitt, so stellt nun die Schnittfläche die Oberfläche eines stationären Gletschers dar, dessen Bewegungsverhältnisse von der Zeit

Digitized by Google

unabhängig sind. Jede Stromlinie verbindet einen Punkt des Firngebietes, wo ein Teilchen Schnee fällt, mit jenem Punkte des Abschmelzungsgebietes, wo dasselbe zu Wasser wird. Dazwischen liegt die Firnlinie A B, wo sich Ernährung und Zehrung das Gleichgewicht halten. Die an der obersten Firnumrahmung in den Gletscher eingetretenen Stromlinien treten, nachdem sie ihren Weg am Gletschergrunde zurückgelegt haben, am Gletscherende aus. Jede Linie tritt in gleicher Entfernung unterhalb der Firnlinie aus der Gletscheroberfläche aus, als sie oberhalb derselben in diese eingetreten ist. So bildet sich das ganze Firngebiet auf dem Abschmelzungsgebiete ab. Hingegen ist der von einem Steine auf dem Abschmelzungsgebiete zurückgelegte Weg eine Bewegungslinie. Durch diese läßt sich das Schmelzgebiet in beliebig viele Längsstreifen so zerlegen, daß auf jedem derselben in der Zeiteinheit die gleiche Masse abschmilzt. Verlängert man nun alle Stromlinien, welche längs einer Bewegungslinie austreten, nach aufwärts in das Firngebiet, so wird auch dieses in ebensoviele Längsstreifen zerlegt, von denen jedem in der Zeiteinheit gleich viel Masse zugeführt wird. Außerdem läßt sich jeder Längsstreifen durch Querlinien so in Maschen zerlegen, daß auf jeder derselben im Zehrgebiet gleich viel abgeschmolzen, im Nährgebiet gleich viel zugeführt wird. Sind F und f zwei einander entsprechende (in der Zeichnung durch Schraffur gekennzeichnete) Bezirke, A und a die Größe des Auftrages, bez. der Abschmelzung, so besteht die Beziehung: $A : a = F : f$.

Zum Studium der Bewegung in der Gletscherzunge nehmen wir nun als möglichst einfachen Fall eine ziemlich flache, lange Zunge, ohne plötzliche Gefälls- und

Digitized by Google

Querschnittsänderungen. Die Stromlinien verlaufen dann untereinander, zur Gletscherachse, zur Oberfläche und zum Grunde parallel; die einzelnen Querschnitte stehen auf ihnen nahezu senkrecht. Sehen wir vorläufig von der Abschmelzung ab, so sind die durch die einzelnen Querschnitte in der Zeiteinheit gehenden Eismengen gleich groß. Ferner kann man annehmen, daß die Stromlinien in ihrer ganzen Ausdehnung senkrecht untereinander bleiben; sie lassen sich also im Grundriß durch dieselbe Kurve darstellen. Will man also die einzelnen Querschnitte ineinander abbilden, d. h. durch entsprechende Stromlinien ihre Teilchen verbinden, so gehen vertikale Linien des einen Querschnitts in vertikale des andern über.

Bisher war von der Ablation vollkommen abgesehen. Um auch diese zu berücksichtigen, sei die Verteilung der Geschwindigkeit an der Oberfläche des einen Querschnitts durch Messung bekannt, ebenso die Beträge der Ablation längs dieses Querschnittes. Dann kann man die Eisdicken berechnen, die auf dem Wege von diesem Querschnitt zum nächst tieferen abschmelzen. Zieht man dieselben vom oberen Rand des ersten Querschnittes ab, so geht der Rest in gleicher Weise, wie bei einem nicht abschmelzenden Gletscher in den nächsten Querschnitt über, und man erhält die Geschwindigkeitsverteilung im letzteren. Bisher war noch unbekannt die Form der Querschnitte und die Geschwindigkeitsverteilung in dem ersten Querschnitt. Beide sind der direkten Beobachtung vorläufig unzugänglich. Deshalb macht Finsterwalder folgenden Schluß von der Oberflächen- auf die Innengeschwindigkeit. Ist die Geschwindigkeitsverteilung auf der ganzen Oberfläche bekannt, so lassen sich die durch Ablation verminderten Querschnitte be-

Digitized by Google

stimmen; durch Abbildung derselben in die nach unten benachbarten unverminderten Querschnitte ergibt sich das System der Stromlinien, und aus diesem die Geschwindigkeitsverteilung im obersten Querschnitt.

Dieses Verfahren wendete Finsterwalder auf die ehemalige, jetzt abgeschmolzene Zunge des Suldenferners an; die Form der Querschnitte ergab sich durch Vermessung des alten Gletscherbettes, die Ablation wurde durch Rechnung ermittelt, die mittleren Geschwindigkeiten nach der Formel $v = \frac{A}{Q}$ (vgl. S. 52) bestimmt, die Abnahme nach dem Rande wurde nach anderen Gletschern angenommen. Durch sehr mühsame und sinnreiche Rechnungsmethoden gelang es, das System der Stromlinien und daraus die Verteilung der Geschwindigkeit auch im Innern der Zunge zu bestimmen, und es entsprachen die gewonnenen Resultate vollkommen den Bewegungsverhältnissen eines wirklichen Gletschers.

Einen weiteren Beweis für die Richtigkeit der Finsterwalderschen Strömungstheorie lieferten die Bohrungen im Hintereisferner. Hier wurde in zwei Bohrlöchern unweit des Gletscherendes mit 66 und 84 m der Gletschergrund erreicht; dieselben Tiefen ergaben sich auch aus den Rechnungen für die Gestaltung des Gletscherbetts nach den beobachteten Ablationsgrößen und Geschwindigkeiten.

V. Die Beziehungen des Gletschers zu Umrahmung und Untergrund.

Wäre der Gletscher eine ruhende Eismasse, so würde er für seine Umgebung nichts anderes sein als ein Stück der festen Erdrinde. Infolge seiner Bewegung aber wird er von Einfluß auf seine Umgebung, er wirkt als ein formenbildendes Element der Erdoberfläche.

Zwei Vorgänge sind es wesentlich, die von außen an der Umgestaltung der Erdrinde arbeiten. Einerseits

Digitized by Google

wird Material von derselben entfernt, anderseits dasselbe an anderer Stelle abgelagert. Die Abtragung geschieht entweder durch beständige Zertrümmerung des Gesteins unter den Einflüssen der Witterung, als *Verwitterung*, oder es ist ein Körper vorhanden, der durch seine Bewegung Hohlformen ausnagt (erodiert) und das zertrümmerte Material entfernt. Diese Wirksamkeit, Massen zu zertrümmern und fortzutragen, hat der Gletscher mit dem fließenden Wasser gemein. Man nennt nun alle Schuttanhäufungen, die mit dem Gletscher in einem ursächlichen oder bloß örtlichen Zusammenhang stehen, *Moränen*[1]), und unterscheidet nach ihrer Lage *bewegte Moränen*, die Schuttmassen, welche die Bewegungen des Gletschers an seiner Oberfläche, im Innern oder am Grunde mitmachen, von den *abgelagerten*, die einst wohl auch an der Bewegung beteiligt waren, jetzt aber außerhalb der gegenwärtigen Ausdehnung des Gletschers sich befinden.

1. Bewegte Moränen.

In seinem breiten Tale fließt der Gletscher abwärts. Die ihn überragenden Gehänge entbehren in der Regel, namentlich in der Firnregion, der schützenden Vegetationsdecke. Unablässig und ungehindert können daher die abtragenden Kräfte ihre zerstörende Tätigkeit entfalten. Bei den häufigen Temperaturschwankungen um Null wirkt der Spaltenfrost kräftig an der Lockerung

[1]) Der Name „Moränen" stammt aus den Walliser Alpen, wurde 1841 von Charpentier in die wissenschaftliche Literatur eingeführt und hat sich heute in der deutschen Alpenbevölkerung vollkommen eingebürgert.

Digitized by Google

und Sprengung des Gesteinsgefüges; infolge seines Kohlensäuregehaltes kann das Wasser chemisch die Gesteine zersetzen. Von den Gehängen abwärts rinnend, gräbt es sich Furchen und löst Gesteinsbestandteile ab. Alles das auf die verschiedenste Weise losgelöste Schuttmaterial folgt der Schwere nach abwärts, entweder in Rinnen oder in freiem Fall. Liegt nun unterhalb ein

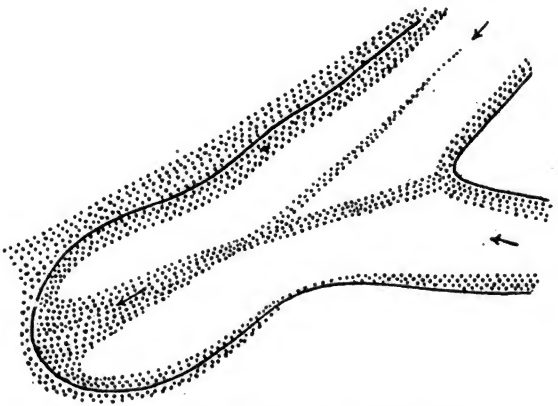


Fig. 12. Moränenverteilung auf der Gletscherzunge.

Gletscher, so kann sich das Material nicht wie sonst in Form von Schutthalden ansammeln; es fällt auf den Gletscher herab und wird in dessen Bewegung einbezogen. So entwickeln sich an den Rändern der Gletscherzunge langgedehnte Schuttanhäufungen, die Rand- oder Seitenmoränen (Fig. 12). Ihr Material ist, da es keinerlei Abnutzung erfahren hat, eckig und scharfkantig, ein wirres Trümmerwerk, regellos, ohne Spur einer Sonderung nach der Größe angehäuft.

Digitized by Google

Schon in der Firnregion fallen zwar Trümmer auf das Eis herab, aber sie werden von den folgenden Schneefällen sofort wieder eingebettet; nur die Ränder des Schmelzgebietes haben daher dauernde Seitenmoränen, und sie nehmen zumeist talwärts an Mächtigkeit zu, da sich immer mehr Schutt von oben zu dem bereits transportierten hinzugesellt. Die Breite dieser Schuttmassen kann bis auf Hunderte von Metern anwachsen; oft fehlen aber die Seitenmoränen gänzlich, dann nämlich, wenn der von den Gehängen stammende Schutt beim Sturze in die den Gletscher von seinem Ufer trennende Kluft gerät. Ebenso fehlen Randmoränen an Gletschern ohne Felsumrahmung, so auf den Plateaugletschern und auf dem grönländischen Inlandeis. Das Moränenmaterial gewährt dem darunter liegenden Eise Schutz vor Abschmelzung, daher erhebt sich dasselbe mit seiner Schuttdecke in Form von Wällen, die bis zu 20 m Höhe erreichen können, über die schuttfreie Umgebung.

Vereinigen sich zwei Gletscher, so fließen auch ihre Randmoränen zusammen; sie erscheinen dann auf der Oberfläche des zusammengesetzten Gletschers als Mittelmoräne, die in diesem Falle sich in nichts von den gewöhnlichen Randmoränen unterscheidet. Jeder zusammengesetzte Gletscher hat daher so viel Mittelmoränen weniger 1, als er Zuflüsse hat. Kommen diese aus Gebieten verschiedener Gesteinsbeschaffenheit, so äußert sich dieser Unterschied auch in der Zusammensetzung der Mittelmoränen, da ja keine Mischung ihres Materials eintreten konnte. Die Mittelmoräne des Unteraargletschers besteht in ihrer linken Hälfte aus dunklen Schieferscherben, in ihrer rechten aus lichten Granitblöcken.

Wir bezeichnen alle auf der Oberfläche des Glet-

Digitized by Google

schers lagernden, von der Umrahmung des Gletschers stammenden Schuttmassen als *echte Obermoränen*; ihre bezeichnendste Eigenschaft ist die regellose Anordnung und ihre Scharfkantigkeit. Hingegen bilden die am Gletscherende fortbewegten Trümmer die *Untermoräne* des Gletschers. Sie liegt nur selten als ein Lager von nassem Sand und Schlamm mit darin eingebetteten Blöcken unmittelbar auf dem festen Gletscherboden auf; größtenteils ist sie in die untersten Eisschichten eingebacken, so daß dieselben erdig und undurchsichtig erscheinen. Durch das beständige Schieben auf dem Untergrunde und durch die gegenseitige Reibung verschwinden die scharfen Kanten der Gesteinstrümmer, so daß diese mehr oder weniger gerundet, immer aber kantenbestoßen sind. Der dadurch abgeriebene feine Sand wirkt als Polier- oder Schleifmittel, daher die Glättung der Trümmer und des anstehenden Gesteins. Ferner erzeugen die Trümmer sowohl am Gletschergrund, als an ihrer eigenen Oberfläche die bezeichnenden Schrammen und Kritzer. Die „gekritzten Geschiebe" sind das leitende Merkmal der Untermoräne und aller Gletscherablagerungen.

Die *Herkunft der Untermoräne* kann eine sehr verschiedene sein. In den höchsten Teilen des Firnfeldes fallen Trümmer herab; den Stromlinien des Eises folgend, gelangen sie auf den Gletschergrund und bilden einen Bestandteil der Untermoräne. Durch Spalten und Gletschermühlen geraten Trümmer der Obermoränen in die untersten Eisschichten und damit in die Untermoräne. Bezeichnend aber ist, daß die Untermoräne in gleicher Mächtigkeit bei allen Gletschern zu finden ist, auch bei solchen, die nur sehr wenig oder keine Obermoräne haben. Es kann also die Quelle der

Digitized by Google

Untermoräne vorwiegend nur am Gletscherboden selbst gesucht werden. Bevor der Gletscher über ein einst eisfreies Gebiet hinwegschritt, fand er dieses mit älterem Schutt bedeckt. Dieses lockere Material wird vom Gletscher mitgenommen und in die Untermoräne einverleibt. Dieser Schuttvorrat kann aber nicht unerschöpflich sein. Indem ihn der Gletscher weiter schiebt, müßte nach einer gewissen Zeit der Gletscherboden schuttfrei werden. Da wir aber immer und überall die Untermoräne finden, so muß der Gletscherboden selbst ihre beständige Quelle bilden, d. h. der Gletscher greift seinen Untergrund an, er *erodiert*.[1])

Indem die Untermoräne in den unteren Eisschichten fortbewegt wird, gelangt sie mit diesen über Störungen des gleichsinnigen Gefälles des Untergrundes, über Querriegel und Schwellen hinweg; sie wird also auch dem allgemeinen Gefälle entgegen nach aufwärts getragen. Aber auch im Innern des Gletschers findet eine solche Aufwärtsbewegung von Moränenmaterial statt, ja wir finden sehr häufig an der Gletscheroberfläche und in den Obermoränen gerundete Trümmer, die also nur vom Gletschergrunde stammen können. Ueber diesen Vorgang klärt uns die Finsterwalder'sche Strömungstheorie auf. Aller im Gletscher befindliche Schutt folgt den Stromlinien des Eises. Tritt nun auf der Gletscheroberfläche eine eisfreie Insel auf, so wird die Stetigkeit der Eisbewegung an dieser Stelle unterbrochen. Liegt die Insel im Schmelzgebiete, so wird der von ihr stammende Schutt von den Stromlinien nach oben gezogen, da die Stromlinien im Schmelzgebiet an die Oberfläche treten; so kommt

[1]) Ueber das Wie? dieses Vorganges siehe S. 78.

Digitized by Google

Schutt vom Gletschergrunde an die Oberfläche als Mittelmoräne, vermischt mit dem Schutt, der von dem über die Gletscheroberfläche aufragenden Teile der Insel herrührt. Ueberall dort, wo ein Gletscher über einer steilen Felsschwelle zerreißt, kann Untermoräne an die Oberfläche gelangen; so gehen z. B. von den ausgeaperten Felsen in der Zunge des Goldberggletschers in den Hohen Tauern Schuttstreifen aus, deren Material der Untermoräne entstammt, also gerundet ist. Liegt die eisfreie Insel im Firngebiet, so geht ihr Schutt zunächst in das Innere des Eises ein und tritt mit den Stromlinien im Schmelzgebiet an die Oberfläche. Befindet sich ferner am Gletscherboden ein Hindernis von beträchtlicher Höhe, so teilen sich vor demselben die Stromlinien der daran anstoßenden Schichten in zwei Arme und schließen sich hinter demselben wieder zusammen; dabei sind sie mit dem schuttführenden Grund in Berührung gekommen und ziehen den Schutt in das Innere des Gletschers. So entsteht eine sogenannte Innenmoräne, die bis auf den Gletschergrund reicht und ausschließlich aus gerundetem Untermoränenmaterial besteht. Auch dieses gelangt im Schmelzgebiet als Mittelmoräne zum Vorschein. Alle Mittelmoränen zeigen gegen das Gletscherende eine zunehmende Verbreiterung und Mächtigkeit. Es muß also nach abwärts durch das Austreten schuttführender Stromlinien eine beständige Vermehrung des Schuttmaterials stattfinden.

In allen diesen Fällen bringen Bestandteile der Untermoräne in das Innere des Gletschers und bilden Innenmoränen; sie gelangen aber durch die nach unten zunehmende Abschmelzung schließlich auch als Mittelmoränen an die Oberfläche. So entstehen Obermoränen

Digitized by Google

von ungewöhnlicher Zusammensetzung, nämlich aus gerundetem Material. Es sind das unechte Obermoränen.

Schöne Beispiele für Obermoränen lassen sich in großer Zahl beibringen (Fig. 13). Die Zunge des Aletschgletschers trägt 4—5 Mittelmoränenwälle. Der Schalf- und der Marzellferner in den Oetztaler Alpen bilden nach ihrer Vereinigung eine prächtige echte Mittelmoräne. Die Innenmoränen wurden zuerst vom grönländischen Inlandeis bekannt; man kann aber bei fast jedem Gletscher an Spaltwänden im Eise eingebackene Trümmer erkennen. Die Gletscher der Sonnblickgruppe in den Hohen Tauern sind reich an unechten Obermoränen; so besitzt der Wurtengletscher eine Mittelmoräne, die auf ein gutes Stück nur die ausgeaperte Untermoräne des linken Gletscherzuflusses ist.[1])

2. Die abgelagerten Moränen.

Sobald der Gletscher sich aus einem Gebiet, das er einst bedeckt hat, zurückzieht, läßt er in demselben all seinen Schutt zurück. Die abgelagerten Moränen treten uns in der Landschaft entgegen entweder als ausgedehnte Wälle, Wallmoränen, oder sie bedecken als Grundmoräne das vom Eise verlassene Terrain. In den abgelagerten Moränen erscheinen alle einst vom Gletscher bewegten Schuttmassen wirr durcheinander gemischt. Schon eine flüchtige Prüfung lehrt uns die eckigen Blöcke der ehemaligen Obermoräne von den gerundeten und gekritzten der Untermoräne unterscheiden. Die Ränder fast eines jeden Gletschers sind von mächtigen Schuttmassen umsäumt; wir nennen sie Endmoränen und unterscheiden die an den Längsseiten abgelagerten als Ufermoränen von

[1]) Penck, Gletscherstudien im Sonnenblickgebiete, Z. A. V. 1897, S. 52.

Digitized by Google

den an vor der Gletscherstirn angehäuften Massen, der Stirnmoräne. In ihrer Entstehung gibt es keine grundsätzlichen Unterschiede, auch ist beiden die charakteristische Wallform eigen. Wir finden aber Endmoränen auch an solchen Gletschern, die keine Obermoränen haben, sie bestehen also aus zurückgelassenem Untermoränenmaterial. Die Ufermoränen bilden stattliche, scharfgratige Wälle bis zu 100 m Höhe; die äußere Seite ist meist sanft geböscht und oft von einer starken Grasnarbe bedeckt; die nach dem Gletscher abfallende Seite hingegen hat steile Böschungen infolge beständig sich wiederholender Abbrüche. Zumeist ist die Ufermoräne nicht an das Gehänge angeklebt, sondern von diesem durch breite Zwischenräume getrennt, freistehend. Das Niveau ihrer Kammlinie gibt uns daher auch ein Mittel, um die ehemalige Oberfläche des Gletschers zu rekonstruieren. Je tiefer die Gletscheroberfläche einsinkt, desto höher werden die Ufermoränen, sie beginnen erst im Abschmelzungsgebiet des Gletschers und lassen daher auch einen ungefähren Schluß auf die Höhe der Firngrenze des betreffenden Gletschers zu.

Die Stirnmoräne bildet zumeist einen talabwärts konvex gekrümmten Wall, der sich mit den Ufermoränen vereinigt, mit einseitiger, nämlich nach innen steilerer Böschung. Häufig durchziehen mehrere parallele Wälle den alten Gletscherboden, entsprechend den einzelnen Rückzugstadien beim schrittweisen Rückzug des Gletschers. Nicht immer aber bilden sich wallförmige Ablagerungen am Gletscherende. Ein vorrückender Gletscher schiebt wohl oft den losen Schutt vor sich her; oft aber schreitet er über seine früheren Ablagerungen hinweg, sein Oberflächenschutt gelangt in die Untermoräne, und er hinterläßt keine Endmoräne; ebenso fehlt dieselbe bei einem

Digitized by Google

allmählichen, kontinuierlichen Rückgang des Gletschers; dann breitet sich das gesamte Moränenmaterial des Gletschers als mehr oder weniger mächtige Grundmoränendecke über den eisfrei gewordenen Gletscherboden. —

Innerhalb derselben treten eigentümliche linsenförmige Hügel, Drumlins genannt, auf; es sind das unter dem Eise, also „subglazial" abgelagerte Untermoränenpartien. Doch sind dieselben bisher nur von eiszeitlichen Gletschergebieten bekannt (vgl. dazu das Schlußkapitel).

3. Die fluvioglazialen Bildungen.

Die vom Gletscher zurückgelassenen Schuttmassen werden vom Gletscherbach umgelagert und weiter transportiert; so entstehen die fluvioglazialen Ablagerungen. Die feinen Zerreibungsprodukte der Untermoräne trüben die unter dem Eise fließenden Wasser; das so getrübte Gletscherwasser ist die Gletschermilch. Diese subglazialen Bäche wirken auf den Gletschergrund teils erodierend, teils tragen sie einen Teil der Untermoräne, nämlich den feinen Sand und Schlamm heraus. Nach Duparc betrug der mittlere Schlammgehalt von 4 Gletscherbächen der Montblanc-Gruppe im Jahre 1890: 887 g, im Jahre 1891: 237 g in 1 cbm Wasser; er weist also (je nach der Abflußmenge) sehr beträchtliche Schwankungen auf, ist aber immerhin recht beträchtlich. Sobald nun der Gletscherbach den Gletscher verläßt, gelangt er an die Endmoräne und greift dieselbe an. Hierbei wird ein Teil derselben vom Bache mit fortgespült, bald aber wieder liegen gelassen. So entstehen vor den Gletscherenden ausgedehnte Schotter- und Sandflächen, die man in Island Sandr nennt, und die auch von vielen alpinen Glet-

Digitized by Google

schern bekannt sind. Je weiter die fluvioglazialen Bildungen vom Gletscherende entfernt sind, desto weniger verraten sie ihre glaziale Herkunft. Allmählich stellt sich Schichtung ein, die Schrammen und Kritzer verschwinden, die scharfen Kanten der Obermoränentrümmer verlieren sich, das Material wird einheitlich gerundet, und schließlich sind solche Ablagerungen von rein fluviatilen Bildungen nicht mehr zu unterscheiden. —

In den eiszeitlichen Gletschergebieten finden sich eine Reihe charakteristischer Formen, deren Entstehung fluvioglazialen Wirkungen zugeschrieben wird. So gelten die langgestreckten Wälle der Asar oder Oser in Schweden, Finnland und Norddeutschland als Ablagerungen subglazialer Flüsse oder von Gletscherbächen, die am Gletscherrande, des Eisdruckes entlastet, ablagern. Aus Schottland und Irland wurden zuerst unregelmäßig angeordnete Kieshügel bekannt, die man als Kames (spr. Käms) oder Esker bezeichnet und ebenfalls als subglaziale Geröllablagerungen deutet. Die Schottermassen der eiszeitlichen Gletscherflüsse bedecken entweder ausgedehnte Flächen, oder es sind aus ihnen durch nachträgliche Erosion Terrassen herausgeschnitten, die einen bezeichnenden Zug in dem Formenschatze ehemals vergletscherter Gebiete bilden.

4. Wirkungen des Gletschers auf den Untergrund.

Wie wir gesehen haben, schafft sich der Gletscher seine Untermoräne größtenteils selbst durch Erosion seines Bettes. Indem er mit seiner Untermoräne über anstehenden Fels hinweggeht, schleift er die vorspringenden Ecken und Kanten ab. Daher sind die Felsflächen mit sog. Gletscherschliffen und Schrammen, aber auch mitunter mit ziemlich breiten Furchen bedeckt, deren Richtung uns zugleich die Richtung der Gletscherbewegung angibt. Neben dieser schleifenden Tätigkeit des Gletschers beobachtet man aber auch

Digitized by Google

ein direktes Losbrechen von Gesteinsstücken aus dem festen Untergrund, die dann vom Gletscher ein Stück weiter geschoben wurden. Außerdem aber wirkt der Gletscher noch durch seinen gewaltigen Druck auf die Unterlage; dadurch entsteht eine starke Zerrüttung des Gesteinsgefüges, die für das Ausbrechen von Trümmern vorbereitend wirkt. Unterstützt wird diese erosive Tätigkeit durch die am Gletschergrund vorhandene Verwitterung. Da am Gletschergrund eine Temperatur von wenig über 0° herrscht, kommt es zu einem häufigen Tauen des Eises und Wiedergefrieren des Schmelzwassers, also zu einer beträchtlichen Lockerung und Sprengung des Gesteins durch den Frost.[1])

Im verlassenen Gletschergebiet trifft man überall neben den Anhäufungsprodukten des Gletschers auch Zeugen seiner Erosionstätigkeit. Alle Vorsprünge sind zu konvexen Buckeln abgerundet, die auf der Stoßseite eine sanfte, geschrammte und polierte, auf der talwärts gelegenen „Leeseite" eine steile Böschung mit scharfen Verwitterungs- und Abbruchflächen zeigen. Das sind die Rundhöcker oder „Roches moutonnées". Zwischen ihnen liegen meist flache und seichte, aus dem anstehenden Fels ausgeschliffene Hohlformen, die häufig kleine Seen enthalten. Das ist die für alle Gebiete früherer Vergletscherung charakteristische Rundhöckerlandschaft. Weiter talabwärts fällt uns die eigentümliche U-förmige Gestalt des Talprofils auf. Wie ein breiter Hobel ist der Gletscher durch das Tal gezogen, alle scharfen Ecken abschleifend und abrundend; die Folge davon ist ein Tal mit breitem, flachen Boden und steilen,

[1]) Finsterwalder, Wie erodieren die Gletscher? Z. A. V. 1891. 75.

Digitized by Google

konkaven Gehängen. Unser Tal mündet in ein Haupttal; aber nicht gleichsohlig, sondern sein Bach stürzt über eine Steilstufe und Wasserfälle bildend ins Haupttal hinunter. Wir gewinnen den Eindruck, daß das letztere im Vergleich zu seinem Seitental eine stärkere Austiefung erfahren hat, es ist übertieft; und das Zusammenfallen der Verbreitung übertiefter Täler und der eiszeitlichen Gletscher führt zu dem Schlusse eines ursächlichen Zusammenhanges: die Uebertiefung der großen Alpentäler ist ein Werk der großen Gletscher. Wir verfolgen das Haupttal weiter und gelangen an den Rand des Gebirges und in sein Vorland. Hier sehen wir die Gleichsinnigkeit des Talgefälles aufgehoben und das Tal in ein Seebecken verwandelt. Wieder gelangen wir angesichts der Beschränkung in der Verbreitung der Alpenseen auf das Bereich der eiszeitlichen Gletscher zu der Ueberzeugung, daß die herrlichen Randseen und anmutigen Vorlandseen die Resultate glazialer Erosion sind. Wir befinden uns hier in der Zentraldepression des Vorlandes, im sog. Zungenbecken.

An den Gehängen des Hochgebirges finden wir nischenförmige Hohlformen mit flachem Boden, zumeist von einem Seebecken erfüllt, und steilen Wänden; das sind die Kare der deutschen Alpen, in Skandinavien Botner, in den Pyrenäen Circus genannt. Ihr auf einst vergletscherte Gebiete beschränktes Vorkommen gestattet, sie in ursächliche Beziehung zur mechanischen Tätigkeit des Eises zu setzen. Die Kare sind die Becken kleinerer eiszeitlicher Gletscher, unter diesen durch glaziale Erosion entstanden. [1])

[1]) Vgl. auch Sieger, Die Alpen, S. G. 129, S. 57 und 70.

Digitized by Google

Die erstaunlichen Leistungen, die man der Erosionstätigkeit der Gletscher zuschreibt, werden verständlicher angesichts der gewaltigen Mächtigkeit der vorweltlichen Eisströme. Dieselbe betrug in den großen Alpentälern 1—2000 m; diese Eismassen flossen viele Jahrtausende lang durch das Gebirge und wirkten erodierend auf ihren Boden. Dem gegenüber erscheinen natürlich alle gegenwärtigen Gletscher und ihre Wirkungen verschwindend.

VI. Die geographische Verbreitung der Gletscher

Wir haben bei unseren Betrachtungen uns zumeist an die Gletscher der Alpen gehalten, weil von diesen die zahlreichsten und genauesten Beobachtungen vorliegen. Die Gletscher sind aber eine über die ganze Erde verbreitete Erscheinung.[1]) Sie finden sich überall dort, wo ein zusammenhängendes und gegliedertes Gebirgsrelief in die Schneeregion aufragt. Das Ausmaß der Vergletscherung eines Gebirges ist also abhängig von der Höhe seiner Schneegrenze, also von klimatischen Verhältnissen. Nicht so sehr die absolute Menge der Niederschläge, als ihre Verteilung auf die Jahreszeiten, nicht so sehr die mittlere Jahrestemperatur, als die Sommer- oder Schmelzwärme sind hierbei von Wichtigkeit. Eine tiefe Schneegrenze, also bedeutende Vergletscherung haben wir zu erwarten bei reichlichem Schneefall und tiefen Sommertemperaturen, eine geringe bei geringen Schneemengen und hoher Sommerwärme; bei großem Schnee-

[1]) Daher hat auch fast jede Sprache ihren Ausdruck dafür. Deutsch: allg. Gletscher; in den Hohen Tauern: Kees; in Westtirol: Ferner; in der Schweiz: Firn, Firre; französisch: glacier; italienisch: ghiacciajo, vedretta; in Norwegen: brae; in Island: jökull u. s. w.

Digitized by Google

fall und großer Sommerwärme, ebenso bei geringem Schneefall und geringer Sommerwärme nimmt die Vergletscherung nur mäßige Dimensionen an. Die günstigsten Verhältnisse finden wir somit in Gebirgsgegenden mit ozeanischem Klima, also mit großer Feuchtigkeit und geringen Temperaturgegensätzen zwischen Sommer und Winter; die ungünstigsten Verhältnisse finden sich im Innern der Festländer, wo Trockenheit und starke Gegensätze zwischen Sommer und Winter herrschen.

Bei der Betrachtung der einzelnen Gletschergebiete kommen wir auf die jeweiligen klimatischen Verhältnisse zurück. Wir beginnen unsere Wanderung über die Erde mit der Tropenzone.

1. Die Gletscher der Tropenzone.

In allen Erdteilen, die in die Tropenzone hineinreichen, finden wir hohe Gebirge. Aber nicht nur die hohen Temperaturen, sondern auch die starke Verdunstung ist hier der Schneeansammlung ungünstig. Daher rückt die Schneegrenze umsomehr hinauf. In Afrika erhebt sich unter 3° S. der höchste Berg des schwarzen Erdteils, der Vulkan Kilimandscharo; von seinen beiden Gipfeln, Kibo und Mawensi, erreicht nur der erstere die Schneeregion; sein Gipfel (6100 m) ist von einer Eishaube vom Typus der Plateaugletscher bedeckt, von der zahlreiche Gletscherzungen auf der regenreicheren Südwestseite bis 4000 m herabfließen; die Schneegrenze liegt hier etwa 5380 m hoch. Bemerkenswert ist die starke Durchfurchung des Eises durch oberflächliche Schmelzwässer. Auch der benachbarte Kenia (5600 m) ist bis 4700 m vergletschert. Alte Moränen beweisen eine einstige Vergletscherung bis 3900 m auf der Südseite. —

Digitized by Google

Amerika zeigt in der Tropenzone die größte Anreicherung von Hochgipfeln, so die Vulkane von Mexiko, die Cordillere von Merida (4700 m), die Sierra de Santa Marta (5100 m) und die Vulkangipfel der Anden von Columbia, Ecuador und Peru. Obwohl sich auf deren regenreicheren Ostseite bis 4400 m herab dauernde Schneedecken bilden, so sind doch aus orographischen Gründen Gletscher sehr spärlich; es fehlen Mulden zur Firnansammlung, die Kegelform der Berge wirkt auf den Schnee zerteilend. Größere Joch- und Gehängegletscher finden sich in den Cordilleren von Peru, Bolivia und Ecuador, wo sie die Kratere der erloschenen Vulkane erfüllen, z. B. des Chimborazzo (6300 m), Cayambe (5840 m), Antisana (5760 m) u. a. Auch hier haben die Gletscher in der Eiszeit um 600—800 m tiefer herabgereicht als heute.

In Zentralamerika reichen nur die beiden Vulkane Fuego und Agua (ca. 3700 m) in das Bereich des Schneefalls hinein, ohne aber ewigen Schnee zu tragen. Diesen treffen wir erst wieder an den großen Vulkanen von Mexiko, z. B. am Pic von Orizaba und am Popocatépetl (ca. 5400 m); doch kommt es nur auf der Westseite zur Bildung kleiner Gletscher.

2. Die Gletscher der nördlichen gemäßigten Zone.

1. Die Alpen sind das größte und gletscherreichste Kettengebirge Europas. Da die regenbringenden West- und Südwestwinde in der Richtung der Ketten wehen, fehlt den Alpen eine ausgesprochene Regen- und Trockenseite. Vielmehr nimmt die Niederschlagsmenge gegen das Innere des Gebirges ab; daher steigt die Schneegrenze von den Randketten nach innen nicht unbeträchtlich an. Ihre Höhenlage schwankt z. B. inner-

Digitized by Google

halb der Ostalpen um 500 m, obwohl dem Menschen das Klima der Ostalpen recht einheitlich erscheint; ein Beweis für die große Empfindlichkeit der Gletscher auch für nur kleine Klimaverschiedenheiten.

a. Die Westalpen reichen mit ihrem südlichen, Frankreich und Italien gehörigen Teile noch in das milde Klima der Mittelmeerländer hinein. Wir treffen daher erst in dem riesigen Eckpfeiler der französischen Alpen, in der Montblanc-Gruppe (4810 m), eine bedeutende Vergletscherung. Außer 30—40 Gletschern zweiter Ordnung gibt es hier etwa 20 echte Talgletscher, von denen das aus drei Firnströmen entstandene Mer de Glace der bedeutendste ist. Die Schneegrenze liegt hier zwischen 29—3100 m Höhe. Die nördlichen Kalkalpen der Schweiz sind wegen ihrer geringeren Höhe fast gletscherfrei, obwohl die Schneegrenze am Säntis bis 2400 m sinkt. Hingegen gewinnt die Vergletscherung in der Zentralzone der Schweizer Alpen ihr größtes Ausmaß. Die penninischen Alpen (im Monte Rosa 4640 m) tragen 15 Tal- und etwa 120 kleinere Gletscher, der größte ist der Gornergletscher; die Schneegrenze liegt bei 2800 m. Das bedeutendste Gletschergebiet der Alpen aber ist die Finsteraarhorn-Gruppe; das vergletscherte Areal mißt hier rund 460 qkm, d. i. mehr als ⅓ des Gesamtareals der Gruppe; man zählt im ganzen etwa 100 Gletscher, darunter 12 große Talgletscher; in dieser Gruppe liegen auch die drei größten Gletscher der Alpen; der schon oft genannte Aletschgletscher, der Unteraar- und der Vieschergletscher. Der großen Massigkeit der Erhebungen entsprechend steigt die klimatische Schneegrenze in der Finsteraarhorngruppe auf 2950 m, im trockenen Wallis (oberes Rhônetal) sogar auf 3200 m. Das nächste große Gletschergebiet

Digitized by Google

der Schweiz ist die Gruppe des Galenstockes und Tödi; in ersterer liegt der Rhônegletscher, bekannt durch die seit 1874 unternommenen, jährlichen Vermessungsarbeiten.

b. In den Ostalpen treffen wir, der Höhenabnahme parallel gehend, eine Abnahme der Vergletscherung von West nach Ost, zugleich aber ebenso wie in der Schweiz ein Ansteigen der Schneegrenze von den Außenzonen gegen das Innere des Gebirges von Nord und Süd. Die nördlichen Kalkalpen ragen nur selten über 3000 m auf; die Steilheit der Gehänge verhindert große Schneeansammlungen; daher ist die Vergletscherung trotz der tiefen Lage der Schneegrenze (2500 m) gering; die bekanntesten Gletscher sind die „Uebergossene Alm" am Hochkönig und das Karls-Eisfeld in der Dachsteingruppe. In der Zentralzone der Ostalpen finden wir infolge der bedeutend größeren Höhen und trotz der ungünstigeren klimatischen Verhältnisse die stärkste Vergletscherung. Noch zur Schweiz gehört die Berninagruppe mit dem Morteratsch- und Rosegggletscher; der größeren Gliederung der Gruppe zufolge sinkt die Schneegrenze auf 2800—2900 m, und auf 2700 m in der Silvretta-Gruppe. Hingegen erreicht sie in der Ortler-Gruppe (Ortler 3900 m, an seinem Fuße der mächtige Suldenferner) 3000 m, sinkt aber gegen Süden, in der Adamellogruppe, trotz der höheren Temperaturen, aber infolge zunehmender Feuchtigkeit gegen den Gebirgsrand auf 2800 m. Die größte Gletschergruppe der Ostalpen sind die Oetztaler Alpen, ihre größte Massenerhebung. Die vergletscherte Fläche mißt hier 480 qkm, also etwas mehr als in der Finsteraarhorngruppe; neben etwa 200 Gletschern zweiter Ordnung gibt es 20 Talgletscher, darunter der längste Gletscher

Digitized by Google

der Ostalpen, der Gepatschferner, und der berüchtigte Vernagtgletscher (vgl. S. 15). Auch hier steigt die Schneegrenze von 2800 m im nördlichen Teil auf 3100 m im Innern und sinkt gegen das Etschtal auf 2900 m herab. Die große Gruppe der Hohen Tauern, ausgezeichnet durch ihre reiche Gliederung, besitzt eine recht tiefe Lage der Schneegrenze; sie sinkt von 2800 m im westlichen Teil bis gegen 2600 m im östlichen herab. Klar zeigt sich hier, daß das bis vor Kurzem angenommene Ansteigen der klimatischen Schneegrenze in den Ostalpen von West nach Ost nicht besteht. Die Tauern bergen den größten und schönsten Gletscher der Ostalpen, die Pasterze am Fuße des Großglockners (Fig. 13). In den östlichen Tauerngruppen, der Schober-, Sonnblick- und Ankogelgruppe, ist die Vergletscherung infolge der geringen Höhen des Gebirges schon recht unbedeutend; Talgletscher fehlen fast gänzlich. Die südlichen Kalkalpen tragen aus denselben Gründen wie die nördlichen nur unbedeutende Gletscher, obwohl die Schneegrenze bis 2700 m sinkt. Die Vedretta di Marmolada in den „Dolomiten" ist ein schönes Beispiel eines alpinen Plateaugletschers.

Im allgemeinen liegen die Enden der großen Schweizer Talgletscher rund 1500 m unter der Schneegrenze; der am tiefsten, nämlich bis 1100 m Meereshöhe herabreichende Gletscher der Alpen, der Untergrindelwaldgletscher, steigt 1800 m unter seine Firngrenze herab. In den außerschweizerischen Ostalpen liegt das tiefste Gletscherende, das des Gepatschferners in den Oetztaler Alpen, ca. 1900 m hoch. d. i. 1000 m unter der Firngrenze; zumeist aber liegen die Enden der Talgletscher der Ostalpen weniger als 1000 m unter der Schneegrenze. In der Schweiz beträgt die vergletscherte Fläche rund 1800 qkm, in den Ostalpen (ohne ihren Schweizer Anteil) 1460 qkm, die Gletscherfläche der gesamten Alpen beträgt rund 3500 qkm, das ist etwa das Areal des Herzogtums Braunschweig.

Digitized by Google

Fig. 13. Großglockner mit Pasterze. Nach einer Photographie von Alois Beer in Klagenfurt.

Digitized by Google

Die folgende Tabelle enthält die Dimensionen der bedeutendsten Alpengletscher.

Name und Jahr der Messung	Gesamtfläche in qkm	Sammelgebiet in qkm	Gletscherzunge in qkm	Gesamtlänge in km	Meereshöhe des Gletscherendes in m
Aletschgletscher 1880 .	129	99,5	29,5	24	1350
Gornergletscher 1878 .	69	49	20	15	1850
Mer de Glace 1880 .	41,7	30,1	11,6	14,5	1150
Vieschergletscher 1880 .	40	33,5	6,5	15	1500
Unteraargletscher 1880	39	22	17	16,7	1880
Morteratschgletsch. 1877	24	14,8	9,2	9	1900
Gurglerferner 1870 . .	14,5	11,9	2,6	10	2200
Gepatschferner 1870 .	24,9	18,5	6,4	10,3	1910
Pasterze 1870 . . .	31,9	23,3	8,6	10	1950

2. Die Pyrenäen bilden eine reich gezackte Scheidemauer zwischen Frankreich und Spanien. In ihrem zentralen Teil nehmen sie alpinen Hochgebirgscharakter an, und hier reicht eine große Zahl von Gipfeln in die Schneeregion hinein. Auf der regnerischen und kühleren Nordabdachung drängen sich zahlreiche Kare (Cirken) ins Gehänge hinein und enthalten Kargletscher; Gehängegletscher, ähnlich denen der Alpen, bedecken zumeist weite, muldenförmige Flächen, ohne in die tieferen Täler herabzusteigen. Die bedeutende mittlere Neigung, sowie die geringe Mächtigkeit des Eises bedingt seine große Zerrissenheit; z. B. des Glacier de Néthou und des Glacier de la Maladetta. Die Schneegrenze liegt hier (auf der Nordseite) ca. 2800 m hoch, die höchsten Gipfel erreichen aber nur 3400 m. Die geringe Vergletscherung ist also nur eine Folge der geringen Höhe.

Digitized by Google

3. Das skandinavische Hochgebirge hat trotz seiner 2500 m nur wenig überschreitenden Höhen doch aus klimatischen Gründen eine sehr bedeutende Eisbedeckung. Die Sommerwärme ist infolge der ozeanischen Lage und der hohen geographischen Breite nur gering; von dem durch den Golfstrom erwärmten Meere steigen große Dampfmassen auf, die sich beim Ansteigen auf das steil zum Meere abfallende Gebirge zu beträchtlichen Niederschlagsmengen verdichten. Der orographische Bau des Gebirges erzeugt den schon besprochenen norwegischen Gletschertypus; doch gibt es außerdem noch zahlreiche kleinere Kar- und Gehängegletscher. Die weiten „Fjelde" sind das Quellgebiet der Gletscher, von da senken sich die zerklüfteten Gletscherzungen, in der Regel frei von Schutt und in herrlicher Bläue strahlend, herab zu den Tälern und Seen der Fjordregion. Dieses Zusammentreffen von klaren Wasserflächen mit üppig grüner Umrahmung, von mächtigen, steil aufragenden Hochgebirgsformen mit ihrem glitzernden Firn- und Eismantel bildet den Hauptreiz in der landschaftlichen Szenerie des skandinavischen Gebirges. Das vergletscherte Areal in Skandinavien übertrifft mit ca. 5000 qkm das der Alpen beträchtlich. Die bedeutendsten Gletschergruppen sind die folgenden: [1])

a. Der Folgefon, unter 60° N. gelegen, bildet eine sanft gewölbte, steil abfallende Fläche bis 1650 m Höhe, von der 288 qkm vergletschert sind. Die Eisströme, welche dem ungemein flachen Firnfeld entfließen, enden zumeist in hochgelegenen, sog. Fjeldtälern; nur an zwei Stellen gehen sie bis in die tiefeingeschnittenen

[1]) Nach Richter, Die Gletscher Norwegens, Geogr. Zeitschr. 1896, 305.

Digitized by Google

Fjordtäler herab, nämlich der Bondhus- und der Buarbrä, beide in etwa 320 m Höhe endend. Die klimatische Schneegrenze liegt hier 1450—1500 m hoch.

b. Das Jostedalsbrä ist die weitaus größte Gletschergruppe Norwegens; das zusammenhängende Gletschergebiet mißt 940 qkm; mit den zur selben Gruppe gehörigen benachbarten Firn- und Gletscherflächen erreicht das eisbedeckte Areal 1670 qkm. Die Bergmasse, deren Gipfel 2000 m übersteigen, ist durch tiefe Fjordtäler reich gegliedert, in die 24 Talgletscher hinabsteigen; außerdem gibt es noch einige Hundert Gehängegletscher. Während aber beim Folgefon nur der oberste Teil des Plateaus in die Firnregion aufragt und sein Rand schon Schmelzgebiet ist, gehört beim Jostedalsbrä die ganze Plateaumasse, das „Fjeld", dem Sammelgebiet an. Die Gletscherenden dieses Gebietes liegen zumeist zwischen 300—600 m; der Suphellabrä, der früher als Beispiel eines regenerierten Gletschers genannt wurde, steigt bis zu 50 m über Meer herab. Der größte dieser Eisströme ist der 14 km lange Tunsbergdalgletscher. Die Schneegrenze liegt infolge der größeren Entfernung vom Meer etwas höher als beim Folgefon, nämlich bei 1600—1650 m.

c. Das Langfjeld schließt sich nördlich an das Jostedalsbrä an; hier sind die Fjeldmassen so stark durch Täler zerschnitten, daß das Gebirge fast alpinen Charakter hat. Hingegen ist die nach dem Innern gekehrte Masse von großen Plateaugletschern bedeckt. Rings um die Firnfelder kommt das blanke Gletschereis zu Tage, ohne lange Gletscherzungen zu bilden. Die Schneegrenze liegt hier nicht unter 1600 m.

d. Das Jotunfjeld trägt zahlreiche flache Firnfelder, von einzelnen hohen „Tindren" (Spitzen)

Digitized by Google

überragt, darunter der höchste Gipfel Norwegens, der Galdhöpig (2560 m), oder es sind zwischen breiten Karen („Botner") Fjeldstücke übrig geblieben. Die von den Firnfeldern ausstrahlenden Zungen sind zumeist breit, flacher und moränenreicher als die des Folgefon und Jostedalsbrä. Die Schneegrenze liegt bei etwa 1900 m.

e. Von den weiter nördlich gelegenen Gletschergebieten ist das des Sulitelma (1730 m) das bedeutendste. Im Swartisen, unter dem Polarkreise, erreicht zum erstenmal ein Gletscher das Meer; auch die Inselgruppe der Lofoten trägt einige kleine Gletscher. —

4. Island, nach Großbritannien die größte Insel Europas, zwischen 63½ und 66½° N. gelegen, ist aus breiten, jungvulkanischen Hochlandmassen aufgebaut, auf denen der Vulkan Oraefa Jökul 1960 m Höhe erreicht. Das Klima, charakterisiert durch sehr reichliche Niederschläge und tiefe Temperaturen infolge des nahen Polarstromes, erzeugt eine starke Vergletscherung mit skandinavischem Typus, die $^1/_7$ der Insel bedeckt. Die Schneegrenze liegt auf der feuchteren Südseite ca. 900 m und steigt im Innern und auf der trockeneren Nordseite bis 1300 m an. Von den die höheren Plateaumassen bedeckenden, flach gewölbten Firndecken ist die bedeutendste der Vatna Jökul im Südosten, der über 8000 qkm, d. i. mehr als das 60fache des Aletschgletschers mißt. Die von da ausgehenden eigentlichen Gletscher sind meist klein und reichen nahe an das Meer. Die ihnen entströmenden Bäche lagern riesige Massen von Lavasanden ab; so entstehen die bereits genannten Sandr, in denen die Flüsse regellos hin- und herpendeln. Interessant wird Island durch das Zusammentreffen vulkanischer und glazialer Erscheinungen.

Digitized by Google

Geschieht ein Ausbruch auf einer vergletscherten Höhe, so erzeugt er eine plötzliche Schmelzung, und es ergießt sich ein Strom von heißem Wasser, Eisstücken, Schlamm und Steinen verheerend ins Tal. Ein solcher Ausbruch fand 1861 am Vatna Jökull statt, wobei die Küstenebene überschwemmt und das Meer bis 130 km von der Küste getrübt wurde. Sehr häufig sind Aschenregen, so daß eine Wechsellagerung von Aschen- und Firnschichten entsteht, deren nähere Untersuchung das Problem der Schichtung des Eises in hohem Grade fördern könnte.

5. Der Kaukasus bildet mit einer Länge von 1100 km einen großartigen, ununterbrochenen Wall zwischen dem Schwarzen Meere und dem Kaspisee. Im Vergleich zu den Alpen sind nicht nur die absoluten Höhen viel größer — der Elbrus erreicht 5630 m —, auch die Täler sind tiefer eingesenkt, alle Formen wilder und schroffer, namentlich auf der steil abfallenden Südseite, als in den Alpen. Die imposante Vergletscherung des Kaukasus steht der der Alpen keineswegs, wie bis vor kurzem angenommen wurde, nach.[1]) Auf eine Strecke von über 700 km Länge ist der Hauptkamm des Gebirges ununterbrochen vergletschert. Die Schneegrenze liegt auf der Südseite des Gebirges bedeutend tiefer als auf der Nordabdachung; gleichzeitig aber sinkt sie von Osten, wo sie auf der Nordseite 3900, auf der Südseite 3500 m erreicht, rasch gegen Westen; denn hier ist das Gebirge gegen das Schwarze Meer geöffnet und genießt reichliche Niederschläge; die Schneegrenze sinkt hier auf der Südseite bis 2900 m herab; doch erreichen die Gipfel hier nur wenig über 3000 m. Trotz-

[1]) S. Merzbacher, Aus den Hochregionen des Kaukasus, Leipzig 1901.

Digitized by Google

dem ist die Nordabdachung des Kaukasus wegen der günstigeren orographischen Verhältnisse, nämlich der Neigung zu weiten Circustälern, viel stärker vergletschert als die schroff abfallende Südseite. Im zentralen Teile des Gebirges ist der Bezingigletscher mit einer Länge von 18 km und einer durchschnittlichen Breite von 1 km der größte Gletscher des Kaukasus überhaupt und wird in den Alpen nur vom Aletschgletscher übertroffen. Er entsteht aus zwei Firnströmen, die sich am Fuße von Gipfeln mit nahezu Montblanc-Höhe vereinigen; die Zunge zieht sich zwischen ungeheuren, steilen Gneiswänden zu Tal und endet in ca. 2000 m Höhe.

6. Der Himalaya, das gewaltigste Gebirge der Erde, stellt den Südrand von Hochasien dar; aus zahlreichen, nach Süden ausgebogenen Parallelketten bestehend, reicht er vom Hochland von Pamir bis zum Durchbruche des Brahmaputra. Nach Norden fällt der Himalaya zu dem trockenen, teilweise abflußlosen Hochland von Tibet ab. Die klimatischen Verhältnisse der beiden Gebirgsabdachungen sind sehr verschieden. Die Südseiten der Ketten sind den regenbringenden Monsunwinden ausgesetzt; diese erreichen zwar auch noch die nördlichen Ketten, haben aber auf dem Wege dahin ihre Feuchtigkeit verloren; demgemäß erreicht die Schneegrenze sehr verschiedene Höhen. Die größten Niederschläge fallen im südöstlichen Himalaya (12 bis 15 m im Jahr!); doch wirken hier die tropische Sommerwärme und die Verdunstung der Firnbildung entgegen, so daß trotz der gewaltigen Höhen (Gaurisánkar 8840 m, Kandschinschinga 8585 m) die Vergletscherung relativ nicht bedeutend ist. Die Schneegrenze steigt bis 5200 m Höhe. Viel gewaltiger ist die Gletscherentwickelung des, übrigens auch besser bekannten zen-

Digitized by Google

Fig. 14. Kungribingri Gletscher im Himalaya. Nach einer Photographie von Carl Diener aus Zeitschr. d. D. u. Ö. Alp. Ver. 1895.

Digitized by Google

tralen Himalaya, obwohl die Höhen hier geringer sind. Der Nanda-Devi (7820 m) reicht 3200 m hoch in die Schneeregion hinein. In dieser riesigen Höhe der firnbedeckten Teile des Gebirges liegt auch der Grund für den gewaltigen Eindruck, den der Himalaya von Süden gesehen ausübt, gegenüber Alpenpanoramen von gleich weit entfernten Punkten des Vorlandes. Der größte unter den Eisströmen des zentralen Himalaya ist der 19 km lange Milamgletscher; er endet in 3450 m Höhe, 10 Seitengletscher werden ihm tributär, seine Umrahmung bilden kühne, bis 2400 m über den Gletscher aufragende Granittürme und Nadeln. Hingegen unterscheidet sich die Zunge dieses Gletschers, wie übrigens der meisten Gletscher des Himalaya, durch die gewaltigen Moränenmassen, die nirgends das blanke Eis erkennen lassen, sehr unvorteilhaft von alpinen Gletschern. Von gleicher Großartigkeit ist die bis 6900 m aufsteigende Umrahmung des benachbarten Bambargletschers; der Ruphiniegletscher entsteht aus drei Zuflüssen und endet in 3450 m Höhe; zu nennen sind noch der gewaltige Kungribingri-Gletscher (Fig. 14), dessen Zunge gleichfalls von Moränen überschüttet ist, und der 14 km lange Raikanagletscher. Die Schneegrenze liegt hier in etwa 4570 m Höhe und steigt gegen Norden an; in der 6650 m erreichenden Kailas-Gruppe überragen nur mehr drei Gipfel die hier erst in 6100 m Meereshöhe gelegene Schneegrenze. Sehr bedeutend ist auch die Vergletscherung des westlichen Himalaya, namentlich in der Umgebung des wegen seiner Schönheit berühmten Tales von Kaschmir, das von Höhen bis 7200 m überragt wird. Hier gibt es Gletscher bis zu 25 km Länge; am tiefsten, nämlich bis 2860 m, steigt ein vom Nanga Parbat kommender Gletscher herab.

Digitized by Google

7. Das Kara-Korum-Gebirge, nördlich des westlichen Himalaya, die nördliche Umrahmung des obersten Indus-Tales, trägt die größten Gletscher der Erde außerhalb der Polarregion. Der Grund liegt in den großen Niederschlägen, der bedeutenden Höhe des Gebirges (der früher fälschlich Dapsang genannte Gipfel K_2 der Landesvermessung erreicht 8620 m) und seiner reichen Gliederung. Der größte Gletscher ist der Baltorogletscher; er entsteht aus drei Firnströmen, seine Gesamtlänge ist 56 km, also doppelt so groß als die des Aletschgletschers, seine Breite $1\frac{1}{2}$—4 km. Der Biafogletscher ist ebenfalls über 50 km lang, der Arandugletscher 46 km; alle diese Gletscher haben ein sehr geringes Gefälle, sind auffallend lang und schmal und ebenso wie die des Himalaya sehr stark von Moränen bedeckt. Der Baltorogletscher hat 15 Mittelmoränen von verschiedener Gesteinsbeschaffenheit. Die Gletscherenden liegen rund 3000 m hoch, 500 m unter der Waldgrenze, die Schneegrenze verläuft in etwa 5800 m Höhe. Sehr stark ist auch die Vergletscherung in der Gruppe des 7630 m hohen Mustag-Ata. Den Gipfel bedeckt das sogenannte Panzereis; unter den daraus abfließenden Eisströmen ist einer der großartigsten der 10 km lange Jambulak- oder Przewalsky-Gletscher. Gletscherstürze sind sehr häufig; die Gletscherenden liegen bei 4300 m, die Schneegrenze in 4870 m Höhe.

8. Vom Pamir gehen nach Nordosten die zahlreichen, von West nach Ost streichenden Ketten des Tian-Schan aus, in dessen westlichem Teile wir abermals eine großartige Vergletscherung antreffen, während die nordöstlichen Ketten zwar höher, aber trockener und daher gletscherärmer sind. Der Gebirgscharakter des zentralen Teiles ist großartig wild, in

Digitized by Google

großem Gegensatz zu den umgebenden schuttbedeckten Wüsten und armseligen Steppen. Die Gletscher erreichen hier Dimensionen, an die die alpine Vergletscherung nicht heranreicht. Die Quelle des Saraffschan im Alai-tagh ist der 25 km lange Saraffschan-Gletscher, der bis 2740 m herabsteigt. Die Kulmination des ganzen Gebirges ist der 6500 m hohe gletschertragende Tengri-Chan, auf dessen Flanke der Semenowgletscher liegt. Alle diese Gletscher zeichnen sich durch großes Gefälle, schnelle Bewegung, lange, aber schmale Zungen und ungeheure Schuttmassen aus.

9. Die übrigen Hochgebirge Zentralasiens sind trotz großer Höhen nicht besonders gletscherreich. Der vom Pamir-Hochland nach Südwest ausstrahlende Hindu-Kusch hat nur in seinem östlichen, bis 7700 m hohen Teile, wo die Schneegrenze bis 5000 m herabgeht, große Talgletscher und vereiste Pässe. Der vom Pamir nach Osten auslaufende Kûen-lün trägt in seinem westlichen Abschnitt, z. B. im Humboldt-Gebirge, noch größere Gletscher. An diesen Ketten verlieren die von Süden kommenden Regenwinde, die die großen Gletscher des Himalaya erzeugen, ihre letzte Feuchtigkeit. Das zwischen Himalaya und Kûen-lün gelegene Hochland von Tibet ist so trocken, die Verdunstung so groß, daß es nicht einmal zu einer dauernden Schneedecke kommt. Nördlich vom Kûen-lün liegt das abflußlose Tarim-Becken und die vollkommen regenlose Wüste Gobi. Ueber diese erhebt sich das Altai-Gebirge, auf dessen regenreicherer Nordseite es bei einer Schneegrenze von 2300 m noch Talgletscher gibt; doch verschwinden sie gegen die übrigen Gletscher Zentralasiens.

10. Einige Gipfel Asiens ragen isoliert in die Schneeregion auf, ohne aber eigentliche Gletscher zu tragen. Mit

Digitized by Google

Firneis erfüllt ist der Krater des ca. 3850 m hohen Ardjeh in Kleinasien; dauernde Schneebedeckung an geschützten Stellen hat auch der Demawend in Persien (5230 m) und der 3800 m hohe Vulkan Fusi-jama in Japan. Hingegen trägt der 5160 m hohe Ararat in Kleinasien eine mächtige Firnhaube; die Schneegrenze an seiner Nordseite wird mit 4400 m angegeben; doch scheinen echte Eisströme zu fehlen. Auf der Halbinsel Kamtschatka erreichen die fast unmittelbar über das Meer aufsteigenden Vulkane sehr bedeutende Höhen; z. B. die Klutschewskaja Sopka 4800 m; unter 56° N. sinkt die Schneegrenze bis 1600 m herab, so daß einige Gipfel zu ⅔ ihrer Höhe in Schnee und Eis gehüllt sind. Doch wurden Gletscher bisher noch nicht nachgewiesen.

11. Das gemäßigte Nordamerika ist an seiner ganzen pazifischen Küste von einem hohen Kettengebirge, den nordamerikanischen Cordilleren, begleitet. Die westliche Küstenkette erreicht zwar nur geringe Höhen, hingegen tragen die östlicheren, die im zentralen Teil als Sierra Nevada bekannt sind, den Charakter eines Hochgebirges. Die Westgehänge der Cordilleren sind bei weitem feuchter als die östlichen; aber die feuchten Seewinde haben bereits einen großen Teil ihres Wasserdampfgehaltes an den Küstenketten abgegeben, so daß sie die Cordillere schon ziemlich trocken treffen. Zudem ist, den niederen Breiten entsprechend, in der Sierra Nevada (35—42° N) die Sonnenwärme schon recht beträchtlich. Die Gletscher der Sierra Nevada sind daher durchwegs klein und liegen in Karen der nördlichen Gehänge der vulkanischen Gipfel Mount Whitney (4540 m), M. Lyell und M. Dana (beide etwa 4000 m hoch); die Enden liegen etwa 3400 m, die Schneegrenze 3900 m hoch. — Die Cordillere setzt sich nach Norden fort in dem basaltischen Cascadengebirge, über dessen Sockel sich isolierte erloschene Vulkane erheben, deren Gehänge in mächtige Eismäntel gehüllt sind. Von

Digitized by Google

der Gipfelhaube des M. Shasta (4400 m) fließen 5 Eisströme aus mit sehr großem Gefälle (bis 28°) und in eine Reihe von Gletscherbrüchen aufgelöst; der größte dieser Gletscher ist jedoch nur 4 km lang. Auf der Nordseite liegt die Schneegrenze etwa 3750 m hoch. Aehnlich, aber großartiger ist die Vergletscherung des benachbarten M. Rainier oder Tacoma (4400 m), von dessen Gipfel 9 sehr steile Eisströme strahlenförmig herabstürzen; der größte derselben ist der 16 km lange und bis 7 km breite White-River-Gletscher. Die Schneegrenze sinkt hier bis 3000 m und geht an dem zwar niedrigeren, aber dem Meere näheren M. Baker (3300 m) noch tiefer herab.

Die Cordilleren der Vereinigten Staaten fallen nach Osten steil zu ausgedehnten, trockenen Hochländern ab, dem sogenannten Great-Basin. Trotz Höhen von über 4000 m gestattet die große Trockenheit und starke Verdunstung keine Gletscherbildung; nur an einer Stelle, am Jeff-Davis-Peak, wurde Firneis gefunden. Darüber erheben sich im Osten die Rocky Mountains oder Felsengebirge, im Blanca Peak 4400 m hoch. Aus denselben Gründen wie im Great-Basin ist die Vergletscherung hier minimal, die Schneegrenze 4200 m hoch. Nur in der Wind-River und Tetonkette finden sich kleine Gehängegletscher.

Alle 4 Glieder des Hochgebirges, Küstenkette, Cordillere, Hochplateau und Felsengebirge, setzen sich nach Norden in das britische Nordamerika fort; aber das Tafelland verschmälert sich, und es tritt eine allgemeine Zusammendrängung der Gebirgsglieder ein; die Küstenkette ist in Inseln aufgelöst. Alle Ketten, als canadische Cordillere zusammengefaßt, haben eine trockene Ost- und eine feuchte Westabdachung; daher

Digitized by Google

liegt auch die Schneegrenze auf dieser viel tiefer als auf jener. Die Küstenketten haben trotz geringen Höhen (bis 2800 m) bereits eine ansehnliche Vergletscherung, die schließlich in Alaska gewaltige Dimensionen annimmt. Obwohl noch südlich des Polarkreises gelegen, gehört dieses Land doch wohl bereits dem polaren Klimagebiet an und soll an jener Stelle besprochen werden. Nach Osten wird mit zunehmender Trockenheit die Vergletscherung geringer trotz den großen Höhen. In der Selkirk-Kette (im M. Donald 3250 m) sinkt die Schneegrenze aber immerhin bis 2300 m herab. Hier liegt der prächtige Illecillewaetgletscher, dessen Zunge bis in die Waldregion hinabreicht. Nach Osten zu verschwinden nun die Gletscher gänzlich. Während wir in den Alpen unter 47° N. und bei Höhen auch unter 4000 m eine sehr beträchtliche Vergletscherung antreffen, fehlt sie dem östlichen Felsengebirge bei 50—56° N. und Höhen über 4000 m fast vollkommen.

3. Die Gletscher der südlichen gemäßigten Zone.

1. Das gemäßigte Südamerika. Die Anden erreichen ihre größte Höhe im Aconcagua, zugleich dem höchsten Berg Amerikas (7300 m), unter 33° S. Die nordöstlichen Gehänge sind von einem Firnmantel verhüllt. Die Höhen über 6000 m sind zwar fast schneefrei, doch reichen Gletscher bis etwa 2000 m herab. Eine eigentümliche Oberflächenform der andinen Firnfelder und Gletscher ist der schon erwähnte Büßerschnee. Von nun an nimmt nach Süden mit zunehmender Feuchtigkeit die Vergletscherung rasch zu. Das Küstenland von Chile erinnert hier vielfach an Norwegen. Aus dem warmen Meere erhebt sich steil ein hohes Ge-

Digitized by Google

birge, dessen westliche Kette in Inseln aufgelöst oder durch Fjorde zerschnitten ist. Während die Schneegrenze unter 33° S. noch 4000 m hoch war, sinkt sie nach Süden rasch und erreicht unter 38° S. 2000 m, unter 41° 1300 m und schließlich an der Südspitze des südamerikanischen Festlandes (53° S.) 900 m. Unter 47° S., wo die Berge kaum 2000 m hoch sind, treffen wir gletschererfüllte Fjorde, und unter 50° S. erreichen bereits die meisten Gletscher das Meer und stoßen Treibeis hinaus. Die Insel Feuerland trägt gleichfalls gewaltige Gletscher, die bis ins Meer herabhängen. Die Schneegrenze liegt hier auf der Südseite auf Höhen von 2100 m nur mehr 700 m hoch.

2. Neuseelands Südinsel wird von dem Kettengebirge der neuseeländischen Alpen durchzogen, einem Hochgebirge von alpinem Charakter, das im M. Cook 3770 m erreicht. Die vom Ozean kommenden Nordwestwinde stoßen auf ein fast unmittelbar aus dem Meere aufsteigendes Gebirge und werden zu rascher Abkühlung und Kondensierung des Wasserdampfes gezwungen, kommen also als trockene Fallwinde auf die Ostseite. Daher liegt die Schneegrenze auf der Westseite tiefer als auf der Ostseite; ihre Lage ist aber überhaupt sehr tief; sie liegt zwischen 2000 und 2200 m, obwohl die neuseeländischen Alpen dem Aequator um 2° näher liegen als die europäischen. Die Gletscher der Westseite reichen bis etwa 200 m Meereshöhe, bis mitten in das Bereich einer üppigen, subtropischen Vegetation, die der Ostseite enden nur ausnahmsweise unter 800 m Meereshöhe. Das Charakteristische der neuseeländischen Gletscher ist ihr kolossaler Moränenreichtum, der eine rasche Abschmelzung verhindert. Dieser Umstand, sowie das Fehlen einer Vegetation auf den von Geröll verhüllten

Digitized by Google

Gehängen der oberen Teile des Gebirges läßt die neuseeländischen Gletscher an Schönheit weit hinter die unserer Alpen zurücktreten. Der größte Gletscher liegt auf der Ostseite; es ist der 28 km lange Tasmangletscher (Fig. 15); obwohl er also den Aletschgletscher an Länge übertrifft, steht er ihm infolge der geringen Breite an Gesamtareal nahe, er mißt 38 qkm. Seine Umrahmung bilden Hochgipfel von über 3000 m, darunter der M. Cook, M. Tasman, die Haidinger-Spitze u. a. Der zweitgrößte Gletscher, ebenfalls der Ostseite gehörig, ist der 18 km lange Godley-Gletscher. Die Gletscher der Westseite sind steiler, kürzer, geröllärmer, ihre Bewegung größer als die der Ostseite. Wegen seiner Schönheit und leichten Zugänglichkeit berühmt ist der 14 km lange Franz-Josef-Gletscher. In der Eiszeit erreichten die Gletscher der Westseite ausnahmslos das Meer.

4. Die Gletscher der arktischen Zone.

In den Polarzonen treffen wir, dem Klima entsprechend, die bedeutendste Vergletscherung, wenn auch in der Regel hohe Gebirge wie in den anderen Zonen fehlen. Der häufigste Typus ist eine Binnen- oder Inlandeisvergletscherung, die die Formen des Landes verhüllt und nach den Küsten Ausläufer entsendet. Die großartigste Entwickelung findet dieser Typus in:

1. Grönland. Diese Insel erstreckt sich als eine nach Süden zugespitzte Landmasse mit reicher Küstengliederung zwischen 60 und 83° geogr. Breite und umfaßt ein Areal von über 2 Mill. Quadratkilometer. Grönland ist ein Tafelland mit steilen Küstenabfällen, im äußersten Nordosten tritt ein reich gegliedertes Küstengebirge mit Gipfeln über 3000 m an den atlan-

Digitized by Google

Fig. 15. Minarets und Mount Elie de Beaumont vom Tasmangletscher (Neuseeland). Nach der Zeitschr. d. D. u. Ö. Alp. Ver. 1897.

Digitized by Google

tischen Ozean. Das Klima ist im südlichen Teil dem Islands und des nördlichen Norwegen nicht unähnlich. Die Sommer sind außerordentlich kühl; in Lichtenau unter 60½° N. beträgt das Temperaturmittel der drei Sommermonate nur 8° C., das Jahresmittel nur 1° C. und dieses fällt in Upernivik unter 71° N. bis auf — 11° C. Für die Wintermonate sind an der Westküste warme föhnartige Winde charakteristisch. Die Niederschläge sind überaus reichlich und nehmen nach Norden ab. Die Folge dieser klimatischen Verhältnisse ist die gewaltige Eisbedeckung. Es lassen sich folgende Typen unterscheiden:

a) Das grönländische Binneneis, bei den Eskimos „Sermikfoak" genannt; es bildet eine von West nach Ost zusammenhängende, ungeheuer mächtige Decke des Landes, unter der alle Unebenheiten des Landes verschwinden. Nur nahe der Küste, bis etwa 50 km landeinwärts, treten Berggipfel, „Nunatakr" genannt, inselförmig aus dem Eise hervor. Die größte Höhe des Inlandeises fand Nansen zu 2700 m, seine Fläche wird auf fast 2 Mill. Quadratkilometer geschätzt, d. i. mehr als dreimal so groß als die Fläche des Deutschen Reiches. Die Eisfläche senkt sich allmählich von Nord nach Süd, und die Bewegung ist radial nach den Küsten gerichtet. Das Inlandeis ist ein echter Gletscher und unterscheidet sich von den Gletschern anderer Regionen nur durch seine Dimensionen. Seine Oberfläche ist nicht durchaus eben, sondern wellig, von Spalten, Bachfurchen, Mühlen durchsetzt. Moränen finden sich nur in der Nähe der Nunatakr, also unweit der Küste, werden aber bald wieder vom Eise überdeckt. Der bisher bekannt gewordene Teil des Inlandeises ist vorwiegend Abschmelzungsgebiet, dem ein viel größeres, aber noch unerforsch-

Digitized by Google

tes Firngebiet entspricht. Das Binneneis ist fast durchweg durch einen eisfreien Küstensaum vom Meere getrennt, der in Inseln aufgelöst oder durch Fjorde zerschnitten ist. In diese senken sich die Ausläufer des Binneneises herab, deren man an der Westküste etwa 100 zählt. Die bedeutendsten sind der Frederikshaabgletscher unter 63° N., 60 km lang, der auf dem Lande endet; der Jakobshavengletscher unter 70° N., 20 km lang, der Große-Karajak-Eisstrom (Fig. 16) u. a. Alle diese Eisströme haben großen Moränenreichtum und auffallend bedeutende Geschwindigkeiten (vgl. S. 50). In der Regel haben sie kein natürliches Ende durch Abschmelzung am Lande, sondern stoßen ins Meer hinaus, sie „kalben"; ihre Trümmer sind die Eisberge, die von den Meeresströmungen in südlichere Breiten getragen werden. Doch nur ein Teil des Nährmateriales geht als Treibeis ab, der andere, wahrscheinlich größere, geht als Schmelzwasser unter dem Eise dem Meere zu.

b) Die Küstengletscher bedecken den vom Inlandeise freien Küstensaum, dessen Formen sie sich anpassen; sie haben teils alpinen, teils norwegischen Typus. Am reichsten sind sie in den hohen mittleren Teilen der Westküste und in Nordostgrönland entwickelt. In der Umgebung des Umanakfjordes, längs eines nur 100 km breiten Küstenstreifens steigen 23 Talgletscher zum Meere herab; die Gipfel erreichen hier 2000 m; die Schneegrenze liegt auf der Nordseite der Halbinsel Nugsuak in ca. 900 m Meereshöhe. Diese Gletscher unterscheiden sich durch ihre bedeutend geringere Geschwindigkeit wesentlich von den Ausläufern des Binneneises. Im nördlichen Teile von Ostgrönland, zwischen 72 und 77° n. Br. sind die Niederschläge spärlicher; die Schneegrenze steigt bis auf 1000—1200 m empor; aber

Digitized by Google

Fig. 16. Vorderer Rand des Großen Karajak-Eisstroms (Grönland). Nach einer Photographie von E. von Drygalski aus „Grönland-Expedition der Ges. für Erdkunde in Berlin".

Digitized by Google

die große Höhe des Gebirges erzeugt hier gewaltige Gletscher von alpinem Typus, die fast durchaus das Meer erreichen.

Alle Gletscher Grönlands zeigen heute Spuren von Rückgang. Der heutige Zustand ist aber nur der Rest einer vollkommenen Vereisung, welche in der Eiszeit die ganze Insel mit einer einheitlichen Eisdecke verhüllte.

2. Das arktische Nordamerika steht in seinem größten Teile in auffälligem Gegensatz zu Grönland. Trotz der furchtbaren Kälte, aber infolge der geringen Niederschläge fehlen Gletscher fast vollkommen. Nur Grinnell-Land, gegenüber Nordwestgrönland, hat einen homogenen Eismantel von mehr als 100 km Länge. Das einzige echte Gletschergebiet des nördlichen Nordamerika finden wir auf der Halbinsel Alaska. Hier erhebt sich in der Fortsetzung der Cordilleren von Canada unter 59° N. ein Küstengebirge mit Höhen von 1500 bis 1800 m und starker Vergletscherung. Der Muirgletscher hat ein Einzugsgebiet von 70 km Länge und 40 km Breite. Nördlich davon gewinnt das Gebirge rasch an Höhe und erreicht unter etwa 60° N. Höhen bis über 6000 m. Der bekannteste Gipfel ist der im Jahre 1897 vom Herzog der Abruzzen und seinen Begleitern zum erstenmal erstiegene 5500 m hohe Eliasberg. Die Niederschlagsmengen sind hier außerordentlich groß und fallen in Höhen über 1500 m auch im Sommer nur in Form von Schnee, dementsprechend steigt die Schneegrenze bis 600 m herab. Aus den Hochtälern der Elias-Gruppe fließen Gletscher herunter und vereinigen sich in der Küstenniederung zu einem riesigen Eiskuchen, dem Malaspina-Gletscher. Er ist der beste Vertreter des eingangs erwähnten Vorland-Typus. Seine Breite beträgt 50—60 km (in der

Digitized by Google

Richtung der Bewegung), die Länge (quer zur Bewegung) etwa 100 km; seine Fläche (ca. 3840 qkm) ist ungefähr so groß als die Gesamtgletscherfläche unserer Alpen. Nur ein schmaler Küstenstreifen trennt ihn vom Meere. Das Gefälle und die Bewegung dieses Eiskuchens ist minimal; die oberflächlichen Schmelzwässer versiegen zumeist in Mühlen und fließen subglazial weiter; die mitgebrachten Schuttmassen häufen sich in Tunnels zu langen Wällen an, die nach dem Rückzug des Eises an die Oberfläche kommen, sie entsprechen also den schon genannten Asars. Im unteren Teil des Gletschers treten drei mächtige Mittelmoränen auf, die die durch Abschmelzung zutage getretene Innenmoräne darstellen. Den unteren Eisrand aber bedeckt ein mehrere Meter mächtiges Moränenlager, von dichter Vegetation überwuchert, die stellenweise Urwaldcharakter annimmt; die waldbedeckte Fläche des Gletschers mißt etwa 60 qkm. Diese Moränendecke trägt auch eine Unzahl kleiner wassererfüllter, trichterförmiger Hohlformen; ferner bilden sich am Rande des Gletschers Stauseen, die unter dem Eise entwässert werden. Das Studium dieses Gletschers wirft manches Licht auf die Verhältnisse, die zur Eiszeit im deutschen Alpenvorlande geherrscht haben, wo sich die aus den Alpen kommenden Eisströme zu einer zusammenhängenden Eismasse vereinigten.

2. In Nordasien liegen die Verhältnisse ähnlich wie im arktischen Nordamerika. Das Land hat ein ausgeprägt kontinentales Klima. Temperaturschwankungen im Laufe eines Jahres bis zu 100° C., geringe Schneemengen im Winter, rasche Aufzehrung des Schnees im Sommer bewirken, daß auch die bis 2800 m hohen Gebirge Sibiriens gletscherfrei sind.

4. Die Inseln des nördlichen Polarmeeres liegen unter günstigeren Bedingungen; daher

Digitized by Google

ist auch die Vergletscherung eine beträchtliche; am größten ist sie in

a) Spitzbergen; dieser Archipel besteht aus mehreren, durch Fjordstraßen getrennten Inselgruppen zwischen 76½ und 81° N., die größtenteils von Firn- und Inlandeis bedeckt sind, über das einzelne Felsgipfel bis 1500 m aufragen. Das durch die letzten Ausläufer des Golfstromes erwärmte Meer, ozeanische Winde, die an dem ziemlich hohen Gebirge ihren Wasserdampfgehalt absetzen, geringe Temperaturgegensätze erzeugen eine gewaltige Vergletscherung, die in Nordostspitzbergen ihren höchsten Grad erreicht. Wir treffen hier echtes Inlandeis, während Westspitzbergen einen Vergletscherungstypus aufweist, der zwischen der grönländischen Binnenvereisung und dem alaskaschen Vorlandtypus in der Mitte steht. Die Ausläufer dieser Eismassen erreichen zumeist das Meer und brechen hier in bis 100 m hohen Eiswänden ab; ihre Länge ist im Verhältnis zur Breite gering. Außerdem gibt es, wie in Grönland, selbständige Lokalgletscher. Das Inlandeis zeigt nur Firnkonstruktur; es scheint im hohen Norden infolge der tiefen Temperaturen die Umbildung des Firneises in Gletschereis nicht in dem Maße von statten gehen zu können, wie in niederen Breiten. Die Schneegrenze erreicht in Spitzbergen eine mittlere Höhe von 500 m.

b) Franz-Josefs-Land, zwischen 80 und 84° N. gelegen, ist ein erst unvollkommen erforschter Archipel [1]) mit Tafellandcharakter und Gipfeln bis

[1]) Es wurde 1874 von der österreichischen Expedition unter Payer und Weyprecht entdeckt. Aus der letzteren Zeit verdanken wir namentlich dem Engländer Jackson, der das unvermutete Zusammentreffen mit Nansen hatte, wichtige Beobachtungen.

Digitized by Google

1600 m Höhe. Die Temperaturen sind hier viel tiefer als in Spitzbergen, da der Golfstrom das Land nicht mehr bespült, das Klima mehr dem Sibiriens ähnlich. Doch ist jede Insel von einer Firnkappe bedeckt, die steilen Abbruchwände ihrer Ausläufer bilden zumeist die Küsten. Die Schneegrenze liegt durchschnittlich 300 m hoch. Auch hier scheinen die Gletscher infolge der hohen Kälte steifer und träger, ihre Bewegung weniger ein Fließen als ein Gleiten zu sein. Sie befinden sich gleichsam in einem unentwickelten Stadium.

c) Nowaja-Semlja ist eine Doppelinsel zwischen 70 und 77° N.; der südliche Teil bis 72° N. ist niedrig und völlig gletscherfrei; der mittlere Abschnitt bis 75½° N. ist wilder geformt und bis 1500 m hoch; an der Meerenge Matotschin-Schar erreicht die Schneegrenze 600 m und sinkt weiter nach Norden. Die Vergletscherung nimmt demnach in dieser Richtung zu; im Hintergrund der Fjorde der Westküste liegen zahlreiche Gletscher, an der niederen Ostküste fehlen sie. Der nördlichste Abschnitt ist ein bis 600 m hohes Plateau, von dem eine Inlandeismasse, ähnlich der Nordostspitzbergens, nach Nordwesten zum Meere abfließt.

d) Die vulkanische Insel Jan-Mayen unter 71° N. liegt im Bereich des Polarstromes. Von dem 2500 m hohen Beerenberg fließen zahlreiche Gletscher radial ab, die fast alle das Meer erreichen.

Ueberblicken wir die Verhältnisse in der arktischen Region, so sehen wir, daß nur ein kleiner Teil die für Gletscher erforderlichen klimatischen Bedingungen besitzt. Wo ein warmes Meer, das die Küsten bespült und die nötigen Niederschlagsmengen liefert, fehlt, dort kann auch die strengste Winterkälte keine Gletscher erzeugen.

Digitized by Google

5. Die Gletscher der antarktischen Region.

Die terra incognita unserer Erde ist die Südpolarregion. Schon unter 50—55° südl. Breite, also in gleichen Entfernungen vom Aequator wie in Norddeutschland, hören die menschlichen Ansiedelungen auf. Unter 49° S. liegen die unbewohnten und teilweise vergletscherten Kerguelen-Inseln. Doch sind die in den höchsten südlichen Breiten (in ca. 71° S.) gefundenen Jahresmittel der Temperatur nicht auffallend niedrig gegenüber denen der arktischen Region. Das eigentlich Charakteristische des antarktischen Klimas ist die Kälte der sogenannten warmen Jahreszeit, die nur selten Temperaturen über 0° erreicht. Die bisher bekannt gewordenen Länder der antarktischen Zone, vielleicht Teile eines großen Festlandes, tragen eine gewaltige Schnee- und Eishülle, z. B. die Vulkane Erebus und Terror (ca. 4000 m hoch) auf Victorialand. Das weitere Vordringen nach Süden scheiterte schließlich an einer vertikalen, 30—35 m hohen Eiswand; die herumtreibenden Eisberge scheinen auf das Vorhandensein von Gletschern in den unbekannten Gebieten zu deuten. Vielleicht bildet diese Eismauer den Absturz einer riesigen Eiskalotte, die ein großes Südpolarfestland bedeckt und einen unentwickelten Gletscher darstellt, dessen Abschmelzungsgebiet an der Eismauer abgebrochen ist. Darüber erhoffen wir von den zahlreichen ins Werk gesetzten Südpolarexpeditionen, namentlich von der im August 1901 abgegangenen deutschen Expedition unter v. Drygalskis Führung Aufklärung.

Die folgende Tabelle gibt eine Zusammenstellung der im vorigen angeführten Werte für die Höhe der Schneegrenze in den einzelnen Gebirgen der Erde; in der Regel ist hierbei die klimatische Schneegrenze gemeint, doch ist zu

Digitized by Google

bemerken, daß viele Zahlen nur auf vereinzelten, und daher unsicheren Beobachtungen beruhen.

Tabelle der Schneegrenzenhöhen.

Gebirge, Gebiet	Geograph. Breite	Höchster Gipfel in m	Höhe der Schneegrenze in m
1. Arktische Zone:			
Franz-Josefs-Land . .	80—84°	ca. 1600	300
Spitzbergen	76—81°	„ 1500	500
Nowaja-Semlja . . .	70—77°	1500	unter 73°: 600
Jan Mayen	71°	2500	800
Grönland: Ostküste . .	72—77°	über 3500	10—1200
„ Westküste . .	71°	2000	900
Alaska	60½°	5500	600
2. Nördliche gemäßigte Zone:			
Island: Nordseite . .	66°	1950	1300
„ Südseite . . .	64°		900
Norwegen: Langfjeld .	62°	über 2000	1600
„ Jotunfjeld .	61½°	„ 2560	1900
„ Jostedalsbrae	61½°	„ 2000	1600—1650
„ Folgefon . .	60°	1650	1450—1500
Kamtschatka	56°	4800	1600
Altai-Geb.	50°	3350	2300
Canadische Cordillere .	50°	3250	2300 (Illecillewaetgl.)
Alpen: Montblancgruppe	46⅜°	4810	29—3100
Finsteraarhorngruppe .		4270	2950
Oetztaler Alpen . . .	ca.	3780	2800—3100
Hohe Tauern	47°	3790	27—2800
Nördliche Kalkalpen . .		ca. 3000	2500
Kaukasus: Westseite . .	43°	über 3000	28—2900
„ Ostseite . .	41—43°	5630	35—3900
Pyrenäen: Nordseite . .	43°	3400	2800
Tian-Schan	42°	6500	3750(?)
Ararat	40°	5160	4400
Rocky-Mountains . . .	ca. 38°	4400	4200

Digitized by Google

Tabelle der Schneegrenzenhöhen.

Gebirge, Gebiet	Geograph. Breite	Höchster Gipfel in m	Höhe der Schneegrenze in m
2. Nördliche gemäßigte Zone:			
Sierra Nevada von Californien	36—38°	4540	3900
Küen-lün	36°	7300	4800—6000
Karakorum:			
Dapsang: Nordseite .	35°	8620	5800
Mustag-Ata . . .	35½°	7630	4870
Hindukusch: Oestlicher .	34½°	7700	5000
Himalaya: Südöstlicher .	28°	8840	5200(Südseite)
„ Zentraler . .	29—33°	7820	ca. 4600
„ Kailasgruppe	30	6650	6100
3. Tropenzone:			
Popocatepetl (Mexico) .	18° N.	5400	ca. 4900
Sierra Nevada de Santa Marta	11° N.	5100	„ 4600
Kilimandscharo . . .	3° S.	6010	5380
Anden von Ecuador . .	0—5° S.	6300	„ 5000
„ „ Peru . . .	10—20° S.	6700	4800—5900
4. Südliche gemäßigte Zone:			
Aconcagua	33° S.	7300	4000
Anden von Chile . . .	38°	ca. 4000	2000
	41°	übb. 2000	1300
	53°		900
Feuerland	55°	2100	700
Neuseeland, Südinsel .	43½°	3770	20—2300

VII. Die Gletscherschwankungen.

Wir haben im vorigen Abschnitte ein Bild von der gegenwärtigen Verteilung und Ausdehnung des Glet-

Digitized by Google

scherphänomens auf der Erde gewonnen. Dieses Ausmaß ist aber nicht stets das gleiche; vielmehr ist es im Laufe der Zeiten beträchtlichen Schwankungen unterworfen.

Der Gletscher ist ein Produkt des Klimas; Niederschlag und Temperatur sind die klimatischen Faktoren, welche seine Existenz bedingen und regeln. Unser Klima ist aber keineswegs konstant. Aus eigener Erfahrung weiß jedermann, daß die Witterungsverhältnisse verschiedener Jahre recht verschieden sind; aber auch die aus den Wetterbeobachtungen vieler Jahre sich ergebenden sogenannten klimatischen Mittelwerte sind Veränderungen unterworfen. Die Untersuchungen von Ed. Brückner[1]) haben ergeben, daß in einem Zeitraum von rund 35 Jahren nasse und kühle Witterungsperioden mit trockenen und warmen abwechseln; es folgt auf eine Reihe von Jahren, in welchen die Niederschlagsmengen über und die Temperaturen unter dem Mittelwerte sich befinden, eine Reihe von Jahren mit entgegengesetztem Charakter. Die unmittelbare Folge dieser Tatsache muß sein, daß auch so empfindliche Klimaanzeiger, wie die Gletscher es sind, von den Klimaschwankungen beeinflußt werden. In einer warmtrockenen Periode schwindet der Gletscher, er zieht sich zurück und erreicht schließlich einen Tiefstand, in der darauffolgenden naß-kühlen Periode wächst der Gletscher, er stößt vor und erreicht einen Hoch- oder Maximalstand.

Schon eine oberflächliche Beobachtung zeigt uns an, ob sich der Gletscher in einer Periode des Wachstums oder des Schwindens befindet. Einen prächtigen Anblick gewährt ein vorstoßender Gletscher. Breit angeschwollen, mit steiler

[1]) Klimaschwankungen seit 1700, Wien, Hölzel 1890.

Stirn liegt seine Zunge im Talboden, von einem mächtigen Wall vor sich hergeschobener Trümmer umgeben; er greift die Rasendecke, oft auch Wald und Wohnhäuser an. Bald aber wird sein Zustand stabil und bleibt so durch einige Jahre. Dann fängt er an zu schwinden. Zuerst sinkt seine Oberfläche ein, seine Stirn wird flacher, schmutziger. Am Talgehänge erscheint ein lichter, von Jahr zu Jahr breiter werdender Streifen, der sich scharf von dem dunkel gefärbten Gebiet abhebt, das der Gletscher niemals bedeckt hat; gleichzeitig beginnt das Ende zurückzuweichen, und davor erstreckt sich eine weite Schuttwüste. Dann bietet das Gletscherende den kläglichen Anblick, wie wir ihn an den meisten unserer Alpengletscher zu sehen gewohnt sind.

Die Tatsache der Gletscherschwankungen ist seit langem bekannt; aber so einfach die Erscheinung auf den ersten Blick sein mag, so mannigfach und kompliziert sind die Verhältnisse im einzelnen. Die beobachteten Tatsachen sind die folgenden: [1])

1. Eine Gletscherschwankung umfaßt stets eine größere Reihe von Jahren. Die Schwankung ist also nicht die Wirkung klimatischer Veränderungen eines Jahrganges, sondern die mehrerer Jahre.

2. Die mittlere Länge der Perioden beträgt nach den Beobachtungen an Alpengletschern, die bis zum Jahre 1600 zurückgehen, rund 35 Jahre, und sie fallen im allgemeinen mit den von Brückner ermittelten Klimaschwankungsperioden zusammen.

3. Die Gletscher der Alpen haben bisher im allgemeinen die gleiche Schwankung gleichzeitig mitgemacht. In der Zeit von 1815—1818 und 1848—1850 rückten alle Alpengletscher vor, 1822—1825 und 1871—1875 zogen sich alle zurück. Der gegenwärtige Zustand der Alpengletscher aber scheint diese Regel nicht zu bestätigen.

[1]) Vgl. Richter, Geschichte der Schwankungen der Alpengletscher, Z. A. V. 1891.

Digitized by Google

Schon 1875 begannen einige Gletscher der Westalpen vorzustoßen, aber erst 1890 trat diese Tendenz auch auf die Ostalpen über. Es zeigt sich in den Alpen ein langsames Vorschreiten der gegenwärtigen Vorstoßperiode von Westen nach Osten, ohne daß wir aber bisher sagen könnten, ob auch die Klimaschwankungen eine ähnliche Verzögerung von West nach Ost erfahren.

4. Die Geschichte der Schwankungen der Alpengletscher in den letzten 50 Jahren, also seit dem letzten allgemeinen Hochstande von 1850, zeigt innerhalb der einzelnen Alpengruppen bedeutende Unregelmäßigkeiten. Einige Gletscher stoßen vor oder haben ihren Vorstoß schon beendet und sind von neuem im Rückgang; andere sind seit 1850 in ununterbrochenem Rückzug begriffen; ja vollkommen benachbarte Gletscher zeigen verschiedene Bewegung. Der Obergrindelwaldgletscher begann seinen Rückzug schon 1855 und stieß schon 1881 vor, der benachbarte Untergrindelwaldgletscher war noch bis 1871 im Wachsen und geht seitdem konstant zurück. Das Hornkees im Zillertale stößt seit 1895 vor, während das anstoßende Schwarzensteinkees noch andauernd stark schwindet. Diese Unregelmäßigkeiten sind teilweise eine Folge der orographischen Gestaltung der Gletscher, indem steile und kleine Gletscher ihre Schwankungen früher, große und flachere verspätet beginnen. Man nennt die ersteren die „aktiven" Gletscher. Zumeist ist aber der Grund dieses verschiedenen Verhaltens in der Beschaffenheit des Firnfeldes zu suchen. Viele Gletscher vermögen in ihren tiefen Firnmulden durch viele Jahre Schnee aufzuspeichern, ohne daß dieser sofort in die Bewegung einbezogen wird und eine Vergrößerung der Zunge bewirkt. Bei solchen Gletschern erscheint der Vorstoß viel später als bei denjenigen, bei denen der Ueberschuß an

Digitized by Google

Material sehr bald in die Gletscherzunge eintritt. War nun der Ueberschuß überhaupt gering, d. h. war die Klimaschwankung nur schwach, so merken wir bei jenen keinen Vorstoß der Zunge.

Die achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts zeigten eine kleine Ueberschreitung der mittleren Niederschlagsmengen; viele Gletscher haben auf diese Klimaänderung scheinbar nicht reagiert; ihre Zungen gingen kontinuierlich zurück; man sagt dann, der Gletscher habe die Periode überschlagen. Tatsächlich hat er sie wohl mitgemacht, aber sie wäre nur durch sehr genaue Messungen in einer verstärkten Anhäufung von Massen im Firnfeld merkbar geworden; an der Gletscherzunge hat sie sich nicht geäußert. Jeder Gletscher ist eben ein Individuum für sich mit besonderen Lebensgewohnheiten; daher sind auch die Größe und der zeitliche Eintritt der Schwankungen bei verschiedenen Gletschern sehr verschieden.

5. Jeder Gletscherrückgang äußert sich in einem Verlust an Oberfläche und Volumen; derselbe ist durch exakte Messungen in den letzten Jahrzehnten von einer Anzahl von Gletschern recht genau bekannt; z. B.:

Name des Gletschers	Zeit der Beobachtung	Verlust an Fläche in ha	in % seiner Fläche	Verlust an Volumen
Rhônegletscher	1856—80	200	8	175 Mill. m³
—	1874—98	35	1.5	—
Obersulzbachkees (Hohe Tauern)	1850—80	50	3.2	60 „ „
Pasterze	1856—82	sehr gering	—	218 „ „
Gepatschferner	ca. 1855—87	72	3.3	129 „ „
Suldenferner .	1850—86	68	7.1	50 „ „
Vernagtferner .	1848—89	240	15	239 „ „
Hintereisferner	ca. 1850—94	gering	—	167 „ „

Digitized by Google

Das Ausschlaggebende ist natürlich der Verlust an Volumen; der Hintereisferner und die Pasterze haben nur sehr wenig an Fläche eingebüßt, trotzdem ist ihr Schwund, nämlich der Volumverlust, ein sehr großer. Im allgemeinen zeigt sich ein Parallelismus zwischen Gletschergröße und Substanzverlust; d. h. die großen Gletscher verlieren entsprechend mehr an Volumen als die kleinen. Die Gletscher des Rhônegebietes in der Schweiz haben in der letzten Rückzugsperiode bis etwa 1880 ca. 54 qkm, d. i. über $^1/_{20}$ ihrer Fläche, verloren. Für die Gletscher der Ostalpen schätzt Richter den Volumverlust der Eiszungen bis 1870 auf etwa 9 ckm.

6. Das Schwinden und Wachsen der Gletscher äußert sich zuerst im oberen Teile und rückt allmählich abwärts. Am Vernagtferner wurde schon 1893 eine Anschwellung im Firnfeld konstatiert, während die Zunge noch zurückging; erst 1898 begann der Vorstoß der Zunge.

7. Die Schwankungen des Gletscherstandes sind oben viel geringer als unten. Man erkennt dies sofort an der nach unten zunehmenden Höhe der Ufermoränen, die ja den Betrag angibt, um welchen der Gletscher seit ihrer Ablagerung eingesunken ist. An der Pasterze wächst dieser Betrag von 28 auf 90 m am Gletscherende; am Vernagtferner überragt die freistehende Ufermoräne die heutige Eisoberfläche in 2900 m Höhe um 20 m, in 2700 m um 70 m, in 2650 m um 90 m.

8. Der Gang einer ganzen Gletscherschwankung ist der folgende: Die verstärkten Ansammlungen im Firnfeld, hervorgerufen durch eine Reihe besonders schneereicher Winter, erzeugen einen sehr rasch verlaufenden

Digitized by Google

Fig. 2. Brixdalsgletſcher in Norwegen. Nach einer Photographie von K. Knudſen, Bergen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 3. Grönländisches Inlandeis mit dem Renthier-Nunatak. Nach einer Photographie von E. v. Drygalski aus „Grönland-Exped. der Ges. f. Erdkunde in Berlin".

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 3. Grönländisches Inlandeis mit dem Renthier-Nunatak. Nach einer Photographie von E. v. Drygalski aus „Grönland-Exped. der Ges. f. Erdkunde in Berlin".

Digitized by Google

Digitized by Google

Vorstoß; dann folgt eine kurze Zeit eines gleichbleibenden, sog. stationären Standes, und dann beginnt die lange, mit der Zeit immer intensiver werdende Periode des Rückganges. Bei den Ostalpengletschern äußerte sich die kalte und feuchte Periode, die bis 1817 andauerte, schon in den Jahren 1818—1820. Der Vorstoß dauerte aber nur sehr kurz, beim Suldengletscher nur bis 1819. Dann folgte eine sehr lange Rückzugsperiode, bis 1846. Aehnliche Beispiele lassen sich von vielen anderen Alpengletschern beibringen.

9. Für die verschiedenen Teile der Alpen ergeben sich (nach Richter) als Beginn der Gletschervorstöße folgende Jahreszahlen: 1630, 1675, 1712, 1735, 1767, 1814, 1835, 1875. Die Vorstöße sind aber nicht von gleicher Intensität, und diese ist auch in derselben Vorstoßperiode nicht bei allen Gletschern gleich. Die meisten Alpengletscher erreichten den höchsten überhaupt nachweisbaren Stand bei dem Vorstoß um 1820; hingegen war beim Unteraargletscher und Vernagtferner, wahrscheinlich auch beim Obersulzbachkees und bei der Pasterze der Hochstand von 1850 größer als der von 1820.

10. Jede Vorstoßperiode kündigt sich durch eine Beschleunigung der fließenden Bewegung des Eisstromes an, und es ist die Geschwindigkeit während des Vorstoßes stets bedeutend größer als während des Rückzuges. Beim Suldenferner betrug die mittlere tägliche Geschwindigkeit in 3 Monaten während seines Vorstoßes im Jahre 1856 über 2 m. Bei dem gegenwärtig sich abspielenden Vorstoß des Vernagtferners wuchs die Geschwindigkeit von 17 m pro Jahr in der Zeit von 1889 bis 1891 auf 280 m im Jahre 1899. Es läßt sich also aus Geschwindigkeitsmessungen ein Vorstoß gleichsam prognostizieren.

Digitized by Google

Diese Beobachtungen über die Beschleunigung der Bewegung vor und während eines Vorstoßes sind geeignet, auf die tieferen Ursachen eines Vorstoßes sowie auf den Gang dieser Erscheinung ein Licht zu werfen. Nach den Untersuchungen von F. A. Forel und Ed. Richter haben wir uns den Vorgang folgendermaßen zu denken.[1]) Wenn durch mehrere Jahre im Firnfeld eines Gletschers sich größere Firnmassen ansammeln als in den vorangegangen Jahren, so üben dieselben auf das vorliegende Eis der Zunge einen verstärkten Druck aus; endlich tritt ein Moment ein, in dem dieser Druck den Widerstand der vorlagernden Massen überwältigt, und es tritt das angesammelte Firneis wie eine Hochwasserwelle in die Gletscherzunge. Sofort nimmt nun in der ganzen Zunge die Abflußgeschwindigkeit zu; das Eis verliert auf gleichem Wege, aber infolge der größeren Geschwindigkeit in kürzerer Zeit weniger durch Schmelzung; jeder Querschnitt gelangt in größerer Dicke ans Gletscherende als vorher, und dieses stößt vor. Es muß also ein Vorstoß der Zunge schon erfolgen, bevor noch der erste beschleunigte Querschnitt das Gletscherende erreicht hat; denn durch den verstärkten Druck von oben erfährt die ganze Zunge eine Beschleunigung.

Die Beobachtungen am Vernagtferner haben auch ergeben, daß die im Firnfeld eingetretene Anschwellung mit einer viel größeren Geschwindigkeit den Gletscher herabläuft, als mit welcher die ebenfalls gesteigerte Bewegung des Eises selbst vor sich geht. Umgekehrt ist der Gang der Ereignisse, wenn durch eine Reihe von Jahren die Ansammlungen im Firnfeld unter das gewöhnliche Maß herabsinken. Das vorgelagerte Eis erfährt keinen so starken Druck von oben als vorher. Die Geschwindigkeit des Eises verringert sich in jedem Querschnitt. Die Abschmelzung hat mehr Zeit, an der Aufzehrung des Eises zu arbeiten, und es macht sich der Rückgang der Gletscherzunge und das Einsinken der Eisoberfläche in viel stärkerem Maße geltend, als nach der Abnahme der Zufuhr zu erwarten wäre.

Die Nachrichten über Schwankungen der Alpengletscher gehen in recht frühe Zeiten zurück; auch von den

[1]) Forel, Archives des sciences phys. et nat. Genève 1881. Richter, Der Obersulzbachgletscher, Z. A. V. 1883, 57.

Digitized by Google

skandinavischen Gletschern besitzen wir Beobachtungen über diesen Gegenstand, die bis in den Anfang des 18. Jahrhunderts zurückreichen; doch erst seit 7 Jahren werden Berichte über Gletscherschwankungen von der ganzen Erde systematisch gesammelt und in alljährlich erscheinenden „Rapports" herausgegeben. Daraus ersehen wir, daß die Rückzugsperiode der letzten 50 Jahre keine auf die Alpen beschränkte Erscheinung ist, sondern in ähnlicher Weise an anderen Gletschern wiederkehrt. Von den Gletschern der skandinavischen Halbinsel ist zwar ein Hochstand in der Mitte des 19. Jahrhunderts nicht bekannt, doch ist der Verlauf der Schwankungen von 1740—1845 fast genau der gleiche wie in den Alpen. Nach einem unbedeutenden Vorstoß in den 80. Jahren, der an einigen Gletschern fast bis an den Schluß des Jahrhunderts andauerte, kennt man heute in Skandinavien nur zurückgehende Gletscher. Auf Spitzbergen gab es anfangs der 60. Jahre des 19. Jahrhunderts eine Periode bedeutenden Anwachsens der Gletscher; sie erscheint also gegen die gleiche Periode in den Alpen um etwa 15 Jahre verzögert. Aus den 80. Jahren sind sowohl zurückgehende, als vorstoßende Gletscher bekannt; es schienen also ähnliche Unregelmäßigkeiten vorzuliegen wie in den Alpen. Doch ist heute in Spitzbergen, wie auch in Grönland, und zwar bei den Küstengletschern, wie auch beim Inlandeise der Rückgang ein augenscheinlicher, oder wenigstens ein stationärer Stand vorhanden. Im Kaukasus gingen die Gletscher, nachdem sie um 1850—1860, also gleichzeitig wie in den Alpen, einen Hochstand erreicht hatten, bis heute kontinuierlich zurück; ebenso ist auch in den anderen vergletscherten Gebirgen Asiens, sowie an den Gletschern Amerikas, des tropischen Afrika und

Digitized by Google

der Pyrenäen der Rückgang gegenwärtig allgemein. Es ergibt sich also für die nördliche Halbkugel unserer Erde mit großer Wahrscheinlichkeit eine derzeit überall herrschende Abnahme der Gletscher. Die Gletscherschwankungen sind also nicht nur eine über die ganze Erde verbreitete Erscheinung, sondern es scheint auch ihr Gang überall ziemlich der gleiche zu sein. Das berechtigt auch zu dem Schlusse, daß die ihnen zu Grunde liegende Erscheinung der Klimaschwankungen wenigstens gegenwärtig und für die Nordhemisphäre in gleichem Sinne auftritt.

Wir haben bisher Schwankungen des Gletscherstandes kennen gelernt, die sich in verhältnismäßig kurzer Zeit und in ziemlich beschränktem Ausmaß abspielen. Eine Reihe von Nachrichten deutet aber darauf hin, daß die Gletscher der Alpen zu Ende des Mittelalters und bis ins 16. Jahrhundert kleiner waren als heute nach einem etwa 50 Jahre umfassenden starken Rückgange. Es scheinen also die Gletscherschwankungen der letzten Jahrhunderte einer größeren Periode sich unterzuordnen, über deren Ausdehnung und Dauer wir allerdings sehr wenig wissen. Wir haben aber schon Beispiele für eine Ausdehnung der Gletscher aus einer verflossenen Periode der Erdgeschichte kennen gelernt, gegen die alle Schwankungen in historischer Zeit vollkommen verschwinden; wir nennen diese Periode die Eiszeit unserer Erde.

VIII. Die Eiszeit.

Die Hochregionen unserer Gebirge sind der Schauplatz der Tätigkeit der jetzigen Gletscher; die Spuren einer einstigen Verbreitung aber verfolgen wir aus dem

Digitized by Google

Gebirge heraus bis in sein Vorland. Hier haben die eiszeitlichen Gletscher formenbildend gewirkt, und die Oberflächengestaltung des Vorlandes ist im wesentlichen bedingt durch die einstige Anwesenheit der vorweltlichen Eismassen.

Zahlreich sind die Zeugnisse für die Ausdehnung der eiszeitlichen Gletscher in den von ihnen zurückgelassenen Ablagerungen. In den Tälern des Vorlandes finden wir eigentümliche Hügelzüge, die bald den Gehängen folgen, bald wallförmig das Tal kreuzen. Ihr Material zeigt keinerlei Anordnung nach der Größe; große und kleine Blöcke liegen regellos nebeneinander, zumeist in eine lehmige Masse eingebettet; viele zeigen Schrammen und Kritzer, die meisten sind gerundet oder doch kantenbestoßen. Alles das sind Kennzeichen, die wir an den Moränen der jetzigen Gletscher kennen gelernt haben. Die Hügelreihen des Vorlandes sind also die Moränen der eiszeitlichen Gletscher; die großen, gegen das Gebirge konkaven Bogen sind die Endmoränen der großen Vergletscherung. Gelegentlich drängen sie sich eng aneinander, und verwachsen, bald sind sie durch talähnliche Zwischenräume getrennt oder schließen kleine Seen oder Moore ein; so entsteht die vielgestaltete *Moränenlandschaft*.

Wir finden aber das von den alten Gletschern transportierte Material nicht nur in kompakten Anhäufungen, sondern auch in einzelnen Blöcken, die einst auf dem Rücken der Eisströme talwärts wanderten. Das sind die sog. *erratischen Blöcke* oder *Findlinge*, die man in unseren Gegenden sowohl beiderseits der Alpen, als namentlich in ganz Norddeutschland so häufig antrifft. Sie bestehen aus Gesteinsarten, die der nächsten Umgebung vollkommen fremd sind; oft läßt

Digitized by Google

sich genau der Ursprungsort dieser Blöcke bestimmen, da die betreffende Gesteinsart nur an dieser Stelle anstehend gefunden wurde. Zumeist liegen die Blöcke in großen Höhen über dem Tale, z. B. auf den Gehängen des Schweizer Jura bis zu Höhen von 1300 m; kleine und große Blöcke liegen nahe bei einander, wobei die kleinen zumeist poliert und geschrammt, die großen eckig und scharfkantig sind; ebenso sind auch anstehende Felsflächen schön geschliffen und geschrammt. Außerhalb den Endmoränen liegt das Bereich der fluvioglazialen Ablagerungen, bestehend aus geschichteten Schottern und Sanden, wie sie den Ablagerungen der Gletscherbäche entsprechen. Sie bilden entweder zusammenhängende Decken, oder sie sind durch spätere Flußerosion so stark zerstückelt und zerschnitten, daß sie als Talleisten und Terrassen auftreten. In solchen Ablagerungen wurden häufig auch Reste von Tieren und Pflanzen gefunden, die heute in viel höheren Breiten leben, wie Rentier, nordische Muscheln u. s. w., oder die heute ausgestorben sind, wie das Mammut. Ihr Vorkommen in unseren gemäßigten Breiten lehrt, daß zur Zeit der Bildung dieser erratischen Ablagerungen ein kühleres Klima geherrscht haben muß als heute.

Alle diese Erscheinungen zusammengenommen, beweisen somit eine einstmalige Ausdehnung der Gletscher weit über ihre jetzigen Grenzen. Die große Mächtigkeit ihrer Ablagerungen, sowie ihre universelle Verbreitung auf der ganzen Erde lehrt uns ferner, daß diese ausgedehnte Vergletscherung keine kurz vorübergehende Erscheinung war, sondern eine ganze Periode der Geschichte der Erde umfaßte. Wir bezeichnen dieselbe als Quartär- oder Diluvialperiode; sie ist die jüngste geologische Vergangenheit der Erde; ihre Ab-

Digitized by Google

lagerungen bilden das „Diluvium“. An manchen Stellen findet man über oder unter den alten Moränen Ablagerungen, die nicht in die Zeit einer Vergletscherung fallen können, z. B. Torflager, Schieferkohlen oder Breccien mit Pflanzenresten, die einem milderen Klima angehören. Die Quartärperiode war also keine Zeit ununterbrochener Vereisung, sondern es müssen mehrere Vereisungen stattgefunden haben, welche durch Interglazialzeiten getrennt waren, in denen sich die Gletscher wieder ins Gebirge zurückzogen. Nach Pencks letzten Untersuchungen[1]) haben wir, zum mindesten für die Alpen, 4 Eiszeiten zu unterscheiden. Jede Eiszeit ist eine Periode gewaltiger Ablagerungen im Gebirgsvorlande, einer vollständigen Zuschüttung seiner Täler durch Schottermassen; jeder Eiszeit folgt eine Periode erneuerter Talbildung, in welcher die Flüsse aus den Schottern Terrassen herausschnitten; man unterscheidet in den Alpen nach ihrer Lage und ihrem Alter 4 Schottersysteme: Nieder- und Hochterrassenschotter, jüngeren und älteren Deckenschotter, von denen der Niederterrassenschotter der letzten, jeder weitere der nächst älteren Eiszeit angehört.

Die Wirkungen der eiszeitlichen Gletscher auf ihren Untergrund haben wir bereits kennen gelernt, ebenso gelegentlich die Grenzen ihrer Verbreitung erwähnt. In den Alpen erfüllte jede Eiszeit die Täler mit mächtigen Eismassen, die selbst Pässe überschritten und sich im Alpenvorland ausbreiteten und vereinigten. So entstanden Eiskuchen von der Art des Malaspina-Gletschers in Alaska. In einem großen Teile von Nordeuropa entstand zu jeder Eiszeit eine gewaltige Inlandüberflutung von der Art, wie sie das Binneneis Grönlands darstellt, und deren

[1]) A. Penck und Ed. Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, Leipzig 1901.

Digitized by Google

Zentrum und Ausgangspunkt das skandinavische Gebirge war. Aehnlich lagen die Verhältnisse in Nordamerika, das bis etwa 40° N. von einer Inlandeisdecke überflutet war. In vielen anderen Gebirgen, z. B. in den Pyrenäen, im Kaukasus und in den südamerikanischen Anden bedeutet jede Eiszeit nur eine Steigerung und Verstärkung der gegenwärtigen Vergletscherung.

Fragen wir uns schließlich nach den Ursachen der Eiszeit, so haben wir dieselben zunächst in klimatischen Veränderungen zu suchen, und zwar sind dieselben gar nicht so bedeutend, als es auf den ersten Blick erscheinen mag. In den Alpen beträgt der Unterschied in der Höhenlage der eiszeitlichen und der gegenwärtigen Schneegrenze 1200 m. Wenn wir berücksichtigen, daß heute in den Nordalpen die Schneegrenze auf 2400 m sinkt, in den Zentralalpen bis auf über 3000 m steigt, so entsprechen also die heutigen Klimadifferenzen in den Alpen, die uns als ein ziemlich einheitliches Klimagebiet erscheinen, Differenzen der Schneegrenzenhöhen von etwa 600 m; sie sind also schon halb so groß als die Klimadifferenz zwischen Eiszeit und Gegenwart. Das Phänomen der Eiszeit ist also klimatisch nicht gar so bedeutend. Die Firnfelder der Alpengletscher waren in der Eiszeit nicht viel größer und nicht viel stärker gefüllt als heute; die Eiszeit äußerte sich wesentlich in einem enormen Wachstum der Zungen. Da aber die Höhenlage des Zungenendes zumal von der Größe der Schmelzwärme abhängt, so ist die Eiszeit vornehmlich eine kalte Periode. Die Temperaturabnahme in der Eiszeit, die gegen die heutigen Verhältnisse nach den Berechnungen Brückners etwa 3° C. im Jahresmittel beträgt, erzeugte natürlich eine Zunahme der festen Niederschläge, ohne daß deshalb die absoluten Niederschlagsmengen sich steigern mußten.

Digitized by Google

Wir gelangen alſo zu dem Schluſſe, daß jede Eiszeit eine Verminderung der von der Sonne geſpendeten Wärmeenergie bedeutet. Worin aber der Grund dieſer Verminderung liegt, ob in der Sonne ſelbſt, ob in der Stellung der Erde zur Sonne oder in der verſchiedenen Beſchaffenheit der Atmoſphäre und ihrer Durchgängigkeit für die Sonnenſtrahlen, ob wir jetzt in einer Interglazialzeit leben und einer neuen Eiszeit entgegengehen? Wir wiſſen es nicht.

Digitized by Google

Sachregister.

Ablation 19 f.; Verschiedenheiten d. A. 21 f.
Abnahme der Gletscherbewegung:
nach dem Ende 52.
nach dem Rande 51.
Abschmelzung 19 f.; A.-Gebiet 17.
Aper 8.
Åsar 78, 104.

Bänderung des Eises 46, 48.
Bergschrund 58.
Bewegung i. Firnfeld 57.
Binneneis 13.
Blätter, blaue 46; weiße 47.
Blaublätterstruktur 46, 64.
Büßerschnee 27, 98.

Dicke der Gletscher 16.
Dickenzuwachs, jährlicher 19.
Diluvium 120 f.
Drumlins 77.

Eisbrunnen 26.
Eisfirnis 38.
Eiszeit 13, 118 f.
Endmoräne 75.
Erdwärme 29.
Erratische Blöcke 119.
Esker 78.
Exposition 10.

Findlinge 119.
Firn 6, 9, 38.
Firneis 6, 39.
Firnfeld 5.
Firnfurchung 38.
Firngebiet 9.
Firnlinie 9.
Firnschichtung 38, 45.
Fluvioglaziale Bildungen 77.
Forelsche Streifen 40.
Fremdkörper d. Eises 23.

Gehängegletscher 14.
Geschiebe, gekritzte 72.
Gleiten des Eises 49, 64.
Gletscher I. u. II. Ordnung 13.
Gletscherbach 31; Temperatur 31, Abflußmengen 31 ff.
Gletscherbewegung 49 ff.; Entstehung 62 ff.
Gletscherbruch 60.
Gletschereis 39 ff.; Entstehung 43 f.; Schichtung 45.
Gletscherende 7.
Gletschererosion 73, 78 f.
Gletscherhöhlen 30.
Gletscherkatastrophen 14 f.
Gletscherkorn 40 f.; Wachstum d. 44.
Gletscherlawinen 14.
Gletschermilch 77.
Gletschermühlen 26.
Gletscherrückgang s. Gletscherschwankungen.
Gletscherschliff 78, 120.
Gletscherschwankungen 109 f.
Gletscherseen 16.
Gletscherspalten 58 f.
Gletschertisch 24.
Gletschertor 30.
Gletschertrichter 27.
Gletschervorstoß s. Gletscherschwankungen.
Gletscherzunge 6.
Grundlawinen 37.
Grundmoräne 75.

Härte des Eises 41.
Hocheis 38.
Hochschnee 35.

Infiltrationsfähigkeit d. Eises 42.
Inlandeis 13.
Innenmoräne 74.
Interglazialzeiten 121.
Intraglaziale Bäche 28.
Jochgletscher 14.

Kames 78.
Kare 80.
Kargletscher 14.
Karstformen d. Gl. 27.
Klimaschwankungen 110.
Kornstruktur siehe Gletscherkorn.
Kryokonit 24.

Längsspalten 61.
Lahngänge 37.
Lawinen 36 f.
Lawinenkegel 36.

Mittagslöcher 25.
Mittelmoräne 71.
Moränen 69 f.; abgelagerte 75 f.; bewegte 69 f.

Digitized by Google

Nährgebiet d. Gl. 17.
Neigung, spezifische 16.
Niederschlag 17 f.

Obermoränen 72; unechte 75.
Ogiven 47.

Penitentes 27.
Plateaugletscher 14.
Plastizität des Eises 41.

Quartärperiode 120.
Querschnitt, Einfluß auf die Bewegung 54.
Querspalten 60.

Randkluft 58.
Randmoränen 70.
Randspalten 59.
Regelation 41.
Regenerierte Gletscher 14.
Reibsche Kämme 48.
Rundhöcker 79.
Rückzugsperioden 111 f.

Sammelgebiet 6.
Sandkegel 24.
Sandr 77.
Schluchtgletscher 14.
Schmelzwasserfurchen 23.
Schmutzbänder 47.
Schneedünen 35.
Schneegangeln 35.
Schneegrenze 8; klimatische u. orographische 9; Bestimmung 10; temporäre 9.
Schneehöhen 19.
Schneerädchen 36.
Schneeregion 5.
Schneeschild 36.
Schneewächte 36.
Schwellung, winterliche 34.
Seenbildung 80.
Seitenmoränen 70.
Staublawinen 37.
Staublöcher 24.
Stirnmoräne 76.
Stromlinien 65.
Strömungstheorie, Finsterwaldersche 65.
Sturzbahn 36.

Terrassenschotter 78, 120.
Talgletscher 13.
Transversalbewegung 55.
Tyndallsche Schmelzfig. 41.

Uebertiefte Täler 80.
Ufermoräne 75.
Untermoräne 72; Herkunft d. U. 72 f.

Verflüssigung des Eises 42.
Vergletscherungstypen 11 f.
Vertikalbewegung 56.
Verwitterung 69.
Vorlandgletscher 12.
Vorstoßperioden 115.

Wärme des Eises 42.
Wallmoränen 75
Wasserstuben 29

Zehrgebiet 17.
Zentraldepression 80.
Zusammengesetzte Gletscher 6.
Zungenbecken 80.

UNIV. OF MICHIGAN,

MAY 21 1912

Digitized by Google

Im Anschluß an die „Gletscherkunde“ erschienen im gleichen Verlage:

Die Alpen

von

Dr. Rob. Sieger,

Privatdozent an der k. k. Universität und Professor an der Exportakademie des k. k. Handelsmuseums in Wien.

Mit 19 Vollbildern und Abbildungen
und einer Karte der Alpeneinteilung.

(Sammlung Göschen Nr. 129.)

Preis: In Leinwand gebunden 80 Pf.

Inhalt:

I. Die Alpen im allgemeinen. II. Aufbau der Alpen. III. Das Klima der Alpen. IV. Das Wasser in den Alpen. V. Schnee und Eis und ihre Wirkungen. VI. Die heutige Gestalt der Alpen. VII. Die Lebewesen und ihre Höhengrenzen. VIII. Die Bevölkerung der Alpen. IX. Die landwirtschaftliche Stellung der Alpenländer. X. Die menschlichen Ansiedlungen. XI. Bergbau und Industrie. XII. Verkehr und Verkehrshindernisse. XIII. Talschaften, Territorien, Staaten. XIV. Die Beziehungen der Alpen zu ihrem Vorlande. Anhang: Einteilung der Alpen.

Digitized by Google

Physische Geographie

von

Dr. Siegmund Günther,

Professor an der Kgl. Technischen Hochschule in München.

Mit 32 Abbildungen.

(Sammlung Göschen Nr. 26.)

Preis: In Leinwand gebunden 80 Pf.

Inhalt: I. Die Erde als Weltkörper. II. Die Gestalt, Schwere und Dichte der Erde. III. Erdwärme und Erdinneres. IV. Die Erdrinde. V. Vulkane und Erdbeben. VI. Elektrisch-magnetische Erdkräfte. VII. Die Lufthülle. VIII. Das Meer. IX. Die Gewässer des Binnenlandes. X. Schnee und Eis der Hochgebirge. XI. Morphologie der Erdoberfläche.

Geologie

in kurzem Auszug für Schulen und zur Selbstbelehrung

zusammengestellt von

Dr. Eberhard Fraas.

Mit 16 Abbildungen und 4 Tafeln mit über 50 Figuren.

(Sammlung Göschen Nr. 13.)

Preis: In Leinwand gebunden 80 Pf.)

Inhalt: Wesen und Aufgaben der Geologie. Material der Erdkruste. Entstehung dieses Materials. Verwendung dieses Materials oder die Bildung der Erdoberfläche. Historische Geologie oder Formationslehre. Zusammenstellung der wichtigsten Pflanzen- und Tierversteinerungen. Tabellarische Übersicht der Formationen. Alphabetisches Sachregister.

Digitized by Google

Meteorologie

von

Dr. Wilhelm Trabert,

Dozent an der Universität und Sekretär der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie in Wien.

Mit 49 Abbildungen und 7 Tafeln.

(Sammlung Göschen Nr. 54.)

Preis: In Leinwand gebunden 80 Pf.

Inhalt: Einleitung. Die Strahlung von Sonne und Himmel. Die Temperatur. Wärmeverteilung über der Erdoberfläche. Der Luftdruck. Bewegungserscheinungen der Atmosphäre. Feuchtigkeit. Bewölkung. Niederschlag. Luftelektrizität. Atmosphärische Lichterscheinungen. Wetterprognose. Bedeutung der Atmosphäre für unsere Erde.

Klimalehre

von

Prof. Dr. W. Köppen,

Meteorologe der Seewarte Hamburg.

Mit 7 Tafeln und 2 Figuren. — (Sammlung Göschen Nr. 114.)

Preis: In Leinwand gebunden 80 Pf.

Inhalt: I. Der Inhalt der Klimalehre und die klimatischen Elemente und Faktoren. II. Meteorologische Beobachtungen und deren Bearbeitung. III. Strahlung und Wärme. IV. Wind. V. Das Wasser in der Atmosphäre. VI. Klimatische Typen. VII. Die klimatischen Zonen.

Digitized by Google

Sammlung

Jeder Band eleg. geb. **80 Pf.** **Göschen**

Verzeichnis der bis jetzt erschienenen Bände.

Abwässer. Wasser und Abwässer. Ihre Zusammensetzung, Beurteilung u. Untersuchung von Professor Dr. Emil Haselhoff, Vorsteher d. landw. Versuchsstation in Marburg in Hessen. Nr. 473.

Ackerbau- u. Pflanzenbaulehre von Dr. Paul Rippert in Essen und Ernst Langenbeck, Groß-Lichterfelde. Nr. 232.

Agrikulturchemie I: Pflanzenernährung von Dr. Karl Grauer. Nr. 329.

Agrikulturchemische Kontrollwesen, Das, v. Dr. Paul Krische in Leopoldshall-Stahfurt. Nr. 304.

— **Untersuchungsmethoden** von Prof. Dr. Emil Haselhoff, Vorsteher der landwirtschaftl. Versuchsstation in Marburg in Hessen. Nr. 470.

Akustik. Theoret. Physik I: Mechanik und Akustik. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 19 Abbild. Nr. 76.

— **Musikalische,** von Professor Dr. Karl L. Schäfer in Berlin. Mit 35 Abbild. Nr. 21.

Algebra. Arithmetik und Algebra von Dr. H. Schubert, Professor an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 47.

— **Beispielsammlung z. Arithmetik u. Algebra** v. Dr. Hermann Schubert, Prof. a. d. Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 48.

Algebraische Kurven v. Eugen Beutel, Oberreallehrer in Vaihingen-Enz. I: Kurvendiskussion. Mit 57 Figuren im Text. Nr. 435.

— — **II:** Theorie und Kurven dritter und vierter Ordnung. Mit 52 Figuren im Text. Nr. 436.

Alpen, Die, von Dr. Rob. Sieger, Professor an der Universität Graz. Mit 19 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 129.

Althochdeutsche Literatur mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Th. Schauffler, Professor am Realgymnasium in Ulm. Nr. 28.

Alttestamentl. Religionsgeschichte von D. Dr. Max Löhr, Professor an der Universität Königsberg. Nr. 292.

Amphibien. Das Tierreich III: Reptilien und Amphibien v. Dr. Franz Werner, Professor an der Universität Wien. Mit 48 Abbildungen. Nr. 383.

Analyse, Techn.-Chem., von Dr. G. Lunge, Prof. a. d. Eidgen. Polytechn. Schule in Zürich. Mit 16 Abb. Nr. 195.

Analysis, Höhere, I: Differentialrechnung. Von Dr. Frdr. Junker, Rektor des Realgymnasiums und der Oberrealschule in Göppingen. Mit 68 Figuren. Nr. 87.

— — **Repetitorium und Aufgabensammlung** zur Differentialrechnung von Dr. Frdr. Junker, Rektor d. Realgymnasiums u. der Oberrealschule in Göppingen. Mit 46 Fig. Nr. 146.

— — **II: Integralrechnung.** Von Dr. Friedr. Junker, Rektor des Realgymnasiums und der Oberrealschule in Göppingen. Mit 89 Figuren. Nr. 88.

— — **Repetitorium und Aufgabensammlung zur Integralrechnung** von Dr. Friedr. Junker, Rektor des Realgymnasiums u. der Oberrealschule in Göppingen. Mit 50 Fig. Nr. 147.

— **Niedere,** von Prof. Dr. Benedikt Sporer in Ehingen. Mit 5 Fig. Nr. 53.

Digitized by Google

Arbeiterfrage, Die gewerbliche, von Werner Sombart, Prof. a. d. Handelshochschule Berlin. Nr. 209.

Arbeiterversicherung, Die, von Prof. Dr. Alfred Manes in Berlin. Nr. 267.

Archäologie von Dr. Friedrich Koepp, Professor an der Universität Münster i. W. 3 Bändchen. M. 28 Abbildungen im Text und 40 Tafeln. Nr. 538/40.

Arithmetik u. Algebra von Dr. Herm. Schubert, Prof. an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr 47.

— — **Beispielsammlung zur Arithmetik und Algebra** von Dr. Herm. Schubert, Professor a. d. Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 48.

Armeepferd, Das, und die Versorgung der modernen Heere mit Pferden von Felix von Damnitz, General der Kavallerie z. D. und ehemal. Preuß. Remonteinspekteur. Nr. 514.

Armenwesen und Armenfürsorge. Einführung in die soziale Hilfsarbeit v. Dr. Adolf Weber, Professor an der Handelshochschule in Köln. Nr. 346.

Ästhetik, Allgemeine, von Prof. Dr. Max Diez, Lehrer an der Kgl. Akademie d. bild. Künste in Stuttg. Nr. 300.

Astronomie. Größe, Bewegung u. Entfernung der Himmelskörper von A. F. Möbius, neu bearbeitet von Dr. Herm. Kobold, Professor an der Universität Kiel. I: Das Planetensystem. Mit 33 Abbildungen. Nr. 11.

— — II: Kometen, Meteore u. das Sternsystem. Mit 15 Figuren und 2 Sternkarten. Nr. 529.

Astronomische Geographie von Dr. Siegmund Günther, Professor an der Technischen Hochschule in München. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.

Astrophysik. Die Beschaffenheit der Himmelskörper v. Prof. W. F. Wislicenus. Neu bearbeitet von Dr. H. Ludendorff in Potsdam. Mit 15 Abbild. Nr. 91.

Ätherische Öle und Riechstoffe von Dr. F. Rochussen in Miltitz. Mit 9 Abbildungen. Nr. 446.

Aufsatzentwürfe von Oberstudienrat Dr. L. W. Straub, Rektor des Eberhard-Ludwigs-Gymnas. i. Stuttgart. Nr. 17.

Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate von Wilh. Weitbrecht, Professor der Geodäsie in Stuttgart. Mit 15 Figuren und 2 Tafeln. Nr. 302.

Außereuropäische Erdteile, Länderkunde der, von Dr. Franz Heiderich, Professor an der Exportakademie in Wien. Mit 11 Textkärtchen und Profilen. Nr. 63.

Australien. Landeskunde u. Wirtschaftsgeographie des Festlandes Australien von Dr. Kurt Hassert, Professor der Geographie an der Handels-Hochschule in Köln. Mit 8 Abb., 6 graph. Tabellen u. 1 Karte. Nr. 319.

Autogenes Schweiß- und Schneidverfahren von Ingenieur Hans Niese in Kiel. Mit 30 Figuren. Nr. 499.

Bade- u. Schwimmanstalten, Öffentliche, v. Dr. Karl Wolff, Stadt-Oberbaur., Hannover. M. 50 Fig. Nr. 380.

Baden. Badische Geschichte von Dr. Karl Brunner, Prof. am Gymnasium in Pforzheim und Privatdozent der Geschichte an der Technischen Hochschule in Karlsruhe. Nr. 230.

— **Landeskunde von Baden** von Prof. Dr. O. Kienitz i. Karlsruhe. Mit Profil., Abbild. und 1 Karte. Nr. 199.

Bahnhöfe. Hochbauten der Bahnhöfe von Eisenbahnbauinspektor C. Schwab, Vorstand d. Kgl. E.-Hochbausektion Stuttgart II. I: Empfangsgebäude. Nebengebäude. Güterschuppen. Lokomotivschuppen. Mit 91 Abbildungen. Nr. 515.

Balkanstaaten. Geschichte d. christlichen Balkanstaaten (Bulgarien, Serbien, Rumänien, Montenegro, Griechenland) von Dr. K. Roth in Kempten. Nr. 331.

Bankwesen. Technik des Bankwesens von Dr. Walter Conrad, stellvert. Vorsteher der statist. Abteilung der Reichsbank in Berlin. Nr. 484.

Bauführung. Kurzgefaßtes Handbuch über das Wesen der Bauführung von Architekt Emil Beutinger, Assistent an der Technischen Hochschule in Darmstadt. M. 25 Fig. u. 11 Tabell. Nr. 399.

Baukunst, Die, des Abendlandes v. Dr. K. Schäfer, Assist. a. Gewerbemuseum, Bremen. M. 22 Abb. Nr. 74.

— **des Schulhauses** von Prof. Dr.-Ing. Ernst Vetterlein in Darmstadt. I: Das Schulhaus. Mit 38 Abb. Nr. 443.

— — II: Die Schulräume — Die Nebenanlagen. Mit 31 Abbild. Nr. 444.

Digitized by Google

Bausteine. Die Industrie der künstlichen Bausteine und des Mörtels von Dr. G. Rauter in Charlottenburg. Mit 12 Tafeln. Nr. 234.

Baustoffkunde, Die, v. Prof. H. Haberstroh, Oberl. a. d. Herzogl. Baugewerkschule Holzminden. M. 36 Abb. Nr. 506.

Bayern. Bayerische Geschichte von Dr. Hans Ockel in Augsburg. Nr. 160.

— **Landeskunde des Königreichs Bayern** v. Dr. W. Göß, Prof. a. d. Kgl. Techn. Hochschule München. Mit Profilen, Abb. u. 1 Karte. Nr. 176.

Beschwerderecht. Das Disziplinar- und Beschwerderecht für Heer u. Marine von Dr. Max Ernst Mayer, Prof. a. d. Univ. Straßburg i. E. Nr. 517.

Betriebskraft, Die zweckmäßigste, von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. 1. Teil: Einleitung. Dampfkraftanlagen. Verschied. Kraftmaschinen. Mit 27 Abb. Nr. 224.

— — II: Gas-, Wasser- u. Wind-Kraft-Anlagen. Mit 31 Abbild. Nr. 225.

— — III: Elektromotoren. Betriebskostentabellen. Graph. Darstell. Wahl d. Betriebskraft. M. 27 Abb. Nr. 474.

Bewegungsspiele von Dr. E. Kohlrausch, Professor am Königl. Kaiser Wilhelms-Gymnasium zu Hannover. Mit 15 Abbildungen. Nr. 96.

Blütenpflanzen, Das System der, mit Ausschluß der Gymnospermen von Dr. R. Pilger, Kustos am Kgl. Botanischen Garten in Berlin-Dahlem. Mit 31 Figuren. Nr. 393.

Bodenkunde von Dr. P. Vageler in Königsberg i. Pr. Nr. 455.

Brasilien. Landeskunde der Republik Brasilien von Bel Rodolpho von Ihering. Mit 12 Abbildungen und einer Karte. Nr. 373.

Brauereiwesen I: Mälzerei von Dr. Paul Dreverhoff, Direktor der Brauer- u. Mälzerschule zu Grimma. Mit 16 Abbildungen. Nr. 303.

Britisch-Nordamerika. Landeskunde von Britisch-Nordamerika von Prof. Dr. A. Oppel in Bremen. Mit 13 Abbild. u. 1 Karte. Nr. 284.

Buchführung in einfachen und doppelten Posten von Prof. Rob. Stern, Oberl. der Öffentl. Handelslehranst. u. Doz. d. Handelshochschule z. Leipzig. Mit vielen Formularen. Nr. 115.

Buddha von Professor Dr. Edmund Hardy. Nr. 174.

Burgenkunde, Abriß der, von Hofrat Dr. Otto Piper in München. Mit 30 Abbildungen. Nr. 119.

Bürgerliches Gesetzbuch siehe: Recht des BGB.

Byzantinisches Reich. Geschichte des byzantinischen Reiches von Dr. K. Roth in Kempten. Nr. 190.

Chemie, Allgemeine und physikalische, von Dr. Max Rudolphi, Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit 22 Figuren. Nr. 71.

— **Analytische,** von Dr. Johannes Hoppe in München. I: Theorie und Gang der Analyse. Nr. 247.

— — II: Reaktion der Metalloide und Metalle. Nr. 248.

— **Anorganische,** von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 37.

— — **Metalle** (Anorganische Chemie 2. Teil) von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent a. d. Königl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 212.

— — **Metalloide** (Anorganische Chemie 1. Teil) von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent a. d. Königl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 211.

— **Geschichte der,** v. Dr. Hugo Bauer, Assistent am chemischen Laboratorium der Königlichen Technischen Hochschule Stuttgart. I: Von den ältesten Zeiten bis zur Verbrennungstheorie von Lavoisier. Nr. 264.

— — II: Von Lavoisier bis zur Gegenwart. Nr. 265.

— **der Kohlenstoffverbindungen** von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. I. II: Aliphatische Verbindungen. 2 Teile. Nr. 191. 192.

— — III: Karbocyklische Verbindungen. Nr. 193.

— — IV: Heterocyklische Verbindungen. Nr. 194.

— **Organische,** von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 38.

— **Pharmazeutische,** von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. 2 Bändchen. Nr. 543/44.

— **Physiologische,** von Dr. med. A. Legahn in Berlin. I: Assimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 240.

— — II: Dissimilation. M. 1 Taf. Nr. 241.

Digitized by Google

Chemie, Toxikologische, von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. Mit 6 Abbildungen. Nr. 465.

Chemische Industrie, Anorganische, von Dr. Gust. Rauter i. Charlottenburg. I: Die Leblancsodaindustrie und ihre Nebenzweige. Mit 12 Taf. Nr. 205.

— — II: Salinenwesen, Kalisalze, Düngerindustrie und Verwandtes. Mit 6 Tafeln. Nr. 206.

— — III: Anorganische chemische Präparate. Mit 6 Tafeln. Nr. 207.

Chemische Technologie, Allgemeine, von Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. Nr. 113.

Chemisch-Technische Analyse von Dr. G. Lunge, Professor an der Eidgenössischen Polytechnischen Schule in Zürich. Mit 16 Abbild. Nr. 195.

Christlichen Literaturen des Orients, Die, von Dr. Anton Baumstark. I: Einleitung. — Das christlich-aramäische u. d. koptische Schrifttum. Nr. 527.

— — II: Das christl.-arab. u. das äthiop. Schrifttum. — Das christl. Schrifttum d. Armenier und Georgier. Nr. 528.

Dampfkessel, Die. Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch von Oberingenieur Friedrich Barth in Nürnberg. I: Kesselsysteme und Feuerungen. Mit 43 Figuren. Nr. 9.

— — II: Bau und Betrieb der Dampfkessel. Mit 57 Figuren. Nr. 521.

Dampfmaschine, Die. Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 48 Figuren. Nr. 8.

Dampfturbinen, Die, ihre Wirkungsweise und Konstruktion von Ingenieur Herm. Wilda, Prof. a. staatl. Technikum i. Bremen. Mit 104 Abb. Nr. 274.

Desinfektion von Dr. M. Christian, Stabsarzt a. D. in Berlin. Mit 18 Abbildungen. Nr. 546.

Determinanten v. P. B. Fischer, Oberl. a. d. Oberrealsch. z. Groß-Lichterf. Nr. 402.

Deutsche Altertümer von Dr. Franz Fuhse, Direktor d. städt. Museums in Braunschweig. Mit 70 Abb. Nr. 124.

Deutsche Fortbildungsschulwesen, Das, nach seiner geschichtlichen Entwicklung u. in seiner gegenwärt. Gestalt v. H. Sierdis, Revisor gewerbl. Fortbildungsschulen in Schleswig. Nr. 392.

Deutsches Fremdwörterbuch von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 273.

Deutsche Geschichte von Dr. F. Kurze, Prof. a. Kgl. Luisengymnas. i. Berlin. I: Mittelalter (bis 1519). Nr. 33.

— — II: Zeitalter der Reformation und der Religionskriege (1500 bis 1648). Nr. 34.

— — III: Vom Westfälischen Frieden bis zur Auflösung des alten Reichs (1648—1806). Nr. 35.

— — siehe auch: Quellenkunde.

Deutsche Grammatik und kurze Geschichte der deutschen Sprache von Schulr. Prof. Dr. O. Lyon in Dresden. Nr. 20.

Deutsche Handelskorrespondenz von Professor Th. de Beaux, Officier de l'Instruction Publique. Nr. 182.

Deutsches Handelsrecht von Dr. Karl Lehmann, Prof. an der Universität Göttingen. 2 Bde. Nr. 457 u. 458.

Deutsche Heldensage, Die, von Dr. Otto Luitpold Jiriczek, Professor an der Universität Würzburg. Nr. 32.

Deutsches Kolonialrecht von Dr. H. Edler von Hoffmann, Professor an der Kgl. Akademie Posen. Nr. 318.

Deutsche Kolonien. I: **Togo und Kamerun** von Prof. Dr. K. Dove. Mit 16 Taf. u. 1 lithogr. Karte. Nr. 441.

— II: **Das Südseegebiet und Kiautschou** von Prof. Dr. K. Dove. Mit 16 Tafeln u. 1 lithogr. Karte. Nr. 520.

Deutsche Kulturgeschichte von Dr. Reinh. Günther. Nr. 56.

Deutsches Leben im 12. u. 13. Jahrhundert. Realkommentar zu den Volks- u. Kunstepen u. zum Minnesang. Von Prof. Dr. Jul. Dieffenbacher in Freiburg i. B. I: Öffentliches Leben. Mit zahlreichen Abbildungen. Nr. 93.

— — II: Privatleben. Mit zahlreicher Abbildungen. Nr. 328.

Deutsche Literatur des 13. Jahrhunderts. Die Epigonen des höfischen Epos. Auswahl a. deutschen Dichtungen des 13. Jahrhunderts von Dr. Viktor Junk, Aktuarius der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Nr. 289.

Deutsche Literaturdenkmäler des 14. u. 15. Jahrhunderts. Ausgewählt und erläutert von Dr. Hermann Jantzen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 181.

Digitized by Google

Deutsche Literaturdenkmäler des 16. Jahrhunderts. I: Martin Luther, Thom. Murner und das Kirchenlied des 16. Jahrhunderts. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberlehrer am Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7.

— — **II: Hans Sachs.** Ausgewählt u. erläutert v. Prof. Dr. J. Sahr. Nr. 24.

— — **III: Von Brant bis Rollenhagen: Brant, Hutten, Fischart, sowie Tierepos und Fabel.** Ausgewählt und erläutert von Professor Dr. Julius Sahr. Nr. 36.

— **des 17. und 18. Jahrhunderts** von Dr. Paul Legband in Berlin. Erster Teil. Nr. 364.

Deutsche Literaturgeschichte von Dr. Max Koch, Professor an der Universität Breslau. Nr. 31.

— — **der Klassikerzeit** von Carl Weitbrecht, durchgesehen und ergänzt von Karl Berger. Nr. 161.

— — **des 19. Jahrhunderts** von Carl Weitbrecht, neu bearbeitet von Dr. Rich. Weitbrecht in Wimpfen. I. II. Nr. 134. 135.

Deutsche Mythologie. Germanische Mythologie von Dr. Eugen Mogk, Prof. a. d. Univers. Leipzig. Nr. 15.

Deutschen Personennamen, Die, v. Dr. Rud. Kleinpaul i. Leipzig. Nr. 422.

Deutsche Poetik von Dr. K. Borinski, Professor an der Universität München. Nr. 40.

Deutsche Redelehre von Hans Probst, Gymnasialprof. in Bamberg. Nr. 61.

Deutsche Schule, Die, im Auslande von Hans Amrhein, Direktor der deutschen Schule in Lüttich. Nr. 259.

Deutsches Seerecht v. Dr. Otto Brandis, Oberlandesgerichtsrat in Hamburg. I. Allgemeine Lehren: Personen und Sachen des Seerechts. Nr. 386.

— — **II.** Die einzelnen seerechtlichen Schuldverhältnisse: Verträge des Seerechts und außervertragliche Haftung. Nr. 387.

Deutsche Stammeskunde v. Dr. Rudolf Much, a. o. Prof. an der Univers. Wien. Mit 2 Kart. u. 2 Taf. Nr. 126.

Deutsches Unterrichtswesen. Geschichte des deutschen Unterrichtswesens v. Prof. Dr. Friedrich Seiler, Direktor des Kgl. Gymnasiums zu Luckau. I: Von Anfang an bis zum Ende des 18. Jahrhunderts. Nr. 275.

— — **II:** Vom Beginn d. 19. Jahrhund. bis auf die Gegenwart. Nr. 276.

Deutsche Urheberrecht, Das, an literarischen, künstlerischen und gewerblichen Schöpfungen, mit besonderer Berücksichtigung der internationalen Verträge von Dr. Gustav Rauter, Patentanwalt in Charlottenburg. Nr. 263.

Deutsche Volkslied, Das, ausgewählt und erläutert von Professor Dr. Jul. Sahr. 2 Bändchen. Nr. 25 u. 132.

Deutsche Wehrverfassung von Karl Endres, Geheimer Kriegsrat und Vortrag. Rat im Kriegsministerium in München. Nr. 401.

Deutsches Wörterbuch v. Dr. Richard Loewe in Berlin. Nr. 64.

Deutsche Zeitungswesen, Das, von Dr. Robert Brunhuber in Köln a. Rh. Nr. 400.

Deutsches Zivilprozeßrecht von Professor Dr. Wilhelm Kisch in Straßburg i. E. 3 Bände. Nr. 428—430.

Dichtungen aus mittelhochdeutscher Frühzeit. In Auswahl mit Einltg. u. Wörterb. herausgegeb. v. Dr. Herm. Jantzen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 137.

Dietrichepen. Kudrun und Dietrichepen. Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. O. L. Jiriczek, Professor an der Universität Würzburg. Nr. 10.

Differentialrechnung von Dr. Frdr. Junker, Rektor des Realgymnasiums und der Oberrealschule in Göppingen. Mit 68 Figuren. Nr. 87.

— **Repetitorium u. Aufgabensammlung zur Differentialrechnung** von Dr. Frdr. Junker, Rektor des Realgymnasiums u. d. Oberrealschule in Göppingen. Mit 46 Fig. Nr. 146.

Drogenkunde von Rich. Dorstewitz in Leipzig und Georg Ottersbach in Hamburg. Nr. 413.

Druckwasser- und Druckluft-Anlagen. Pumpen, Druckwasser- und Druckluft-Anlagen von Dipl.-Ingen. Rudolf Vogdt, Regierungsbaum. a. D. in Aachen. Mit 87 Fig. Nr. 290.

Digitized by Google

Eddalieder mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Dr. Wilhelm Ranisch, Gymnasial-Oberlehrer in Osnabrück. Nr. 171.

Eisenbahnbau. Die Entwicklung des modernen Eisenbahnbaues von Dipl.-Ing. Alfred Birk, Eisenbahnoberingenieur a. D., o. ö. Prof. a. d. k. k. Deutsch. Techn. Hochschule in Prag. Mit 27 Abbild. Nr. 553.

Eisenbahnfahrzeuge von H. Hinnenthal, Regierungsbaumeister u. Oberingenieur in Hannover. I: Die Lokomotiven. Mit 89 Abbildungen im Text und 2 Tafeln. Nr. 107.

— — II: Die Eisenbahnwagen u. Bremsen. Mit Anhang: Die Eisenbahnfahrzeuge im Betrieb. Mit 56 Abb. im Text und 3 Tafeln. Nr. 108.

Eisenbahnpolitik. Geschichte der deutschen Eisenbahnpolitik von Betriebsinspektor Dr. Edwin Kech in Karlsruhe i. B. Nr. 533.

Eisenbetonbau, Der, v. Reg.-Baumeist. Karl Röhle. Mit 75 Abbild. Nr. 349.

Eisenhüttenkunde von A. Krauß, dipl. Hütteningenieur. I: Das Roheisen. Mit 17 Figuren u. 4 Tafeln. Nr. 152.

— — II: Das Schmiedeisen. Mit 25 Figuren und 5 Tafeln. Nr. 153.

Eisenkonstruktionen im Hochbau von Ingenieur Karl Schindler in Meißen. Mit 115 Figuren. Nr. 322.

Eiszeitalter, Das, v. Dr. Emil Werth in Berlin-Wilmersdorf. Mit 17 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 431.

Elastizitätslehre für Ingenieure I: Grundlagen und Allgemeines über Spannungszustände, Zylinder, Ebene Platten, Torsion, Gekrümmte Träger. Von Prof. Dr.-Ing. Max Enßlin an der Königl. Baugewerkschule Stuttgart und Privatdozent an der Techn. Hochschule Stuttgart. Mit 60 Abbild. Nr. 519.

Elektrischen Meßinstrumente, Die, von J. Herrmann, Professor an der Technischen Hochschule in Stuttgart. Mit 195 Figuren. Nr. 477.

Elektrische Telegraphie, Die, von Dr. Lud. Rellstab. M. 19 Fig. Nr. 172.

Elektrizität. Theoret. Physik III: Elektrizität u. Magnetismus von Dr. Gust. Jäger, Prof. a. d. Techn. Hochschule in Wien. Mit 33 Abb. Nr. 78.

Elektrochemie von Dr. Heinr. Danneel in Genf. I: Theoretische Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Mit 16 Figuren. Nr. 252.

— — II: Experimentelle Elektrochemie, Meßmethoden, Leitfähigkeit, Lösungen. Mit 26 Figuren. Nr. 253.

Elektromagnet. Lichttheorie. Theoretische Physik IV: Elektromagnetische Lichttheorie u. Elektronik von Professor Dr. Gust. Jäger in Wien. Mit 21 Figuren. Nr. 374.

Elektrometallurgie von Dr. Friedr. Regelsberger, Kaiserl. Regierungsrat in Steglitz-Berlin. M. 16 Fig. Nr. 110.

Elektrotechnik. Einführung i. d. moderne Gleich- u. Wechselstromtechnik v. J. Herrmann, Prof. d. Elektrotechnik an der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. I: Die physikalischen Grundlagen. Mit 42 Fig. u. 10 Taf. Nr. 196.

— — II: Die Gleichstromtechnik. Mit 103 Figuren und 16 Tafeln. Nr. 197.

— — III: Die Wechselstromtechnik. Mit 126 Figuren und 16 Tafeln. Nr. 198.

— **Die Materialien des Maschinenbaues und der Elektrotechnik** v. Ingenieur Professor Hermann Wilda in Bremen. Mit 3 Abbild. Nr. 476.

Elsaß-Lothringen, Landeskunde v., von Prof. Dr. R. Langenbeck in Straßburg i. E. M. 11 Abb. u. 1 Karte. Nr. 215.

Englisch-deutsches Gesprächsbuch von Professor Dr. E. Hausknecht in Lausanne. Nr. 424.

Englische Geschichte von Prof. L. Gerber, Oberlehrer in Düsseldorf. Nr. 375.

Englische Handelskorrespondenz v. E. E. Whitfield, M. A., Oberlehrer an King Edward VII Grammar School in King's Lynn. Nr. 237.

Englische Literaturgeschichte von Dr. Karl Weiser in Wien. Nr. 69.

— — **Grundzüge und Hauptlippen der englischen Literaturgeschichte** von Dr. Arnold M. M. Schröer, Prof. an der Handelshochschule in Köln. 2 Teile. Nr. 286, 287.

Entwicklungsgeschichte der Tiere von Dr. Johannes Meisenheimer, Professor der Zoologie an der Universität Jena. I: Furchung, Primitivanlagen, Larven, Formbildung, Embryonalhüllen. Mit 48 Fig. Nr. 378.

— — II: Organbildung. Mit 46 Fig. Nr. 379.

Digitized by Google

Epigonen, Die, des höfischen Epos. Auswahl aus deutschen Dichtungen des 13. Jahrhunderts von Dr. Viktor Junk, Aktuarius der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Nr. 289.

Erdmagnetismus, Erdstrom, Polarlicht von Dr. A. Nippoldt jr., Mitglied des Königlich Preußischen Meteorologischen Instituts in Potsdam. Mit 14 Abbild. und 3 Tafeln. Nr. 175.

Erdteile, Länderkunde der außereuropäischen, von Dr. Franz Heiderich, Professor an der Exportakademie in Wien. Mit 11 Textkärtchen und Profilen. Nr. 63.

Ernährung und Nahrungsmittel v. Oberstabsarzt Professor H. Bischoff in Berlin. Mit 4 Abbildungen. Nr. 464.

Ethik von Professor Dr. Thomas Achelis in Bremen. Nr. 90.

Europa, Länderkunde von, von Dr. Franz Heiderich, Professor an der Exportakademie in Wien. Mit 14 Textkärtchen und Diagrammen und einer Karte der Alpeneinteilung. Nr. 62.

Exkursionsflora von Deutschland zum Bestimmen der häufigeren in Deutschland wildwachsenden Pflanzen von Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eisenach. 2 Teile. Mit je 50 Abbildung. Nr. 268 u. 269.

Explosivstoffe. Einführung in die Chemie der explosiven Vorgänge von Dr. H. Brunswig in Steglitz. Mit 6 Abbildungen und 12 Tab. Nr. 333.

Familienrecht. Recht des Bürgerlichen Gesetzbuches. Viertes Buch: Familienrecht von Dr. Heinrich Titze, Professor an der Universität Göttingen. Nr. 305.

Feldgeschütz, Das moderne, von Oberstleutnant W. Heydenreich, Militärlehrer an d. Militärtechn. Akademie in Berlin. I: Die Entwicklung des Feldgeschützes seit Einführung des gezogenen Infanteriegewehrs bis einschl. der Erfindung des rauchl. Pulvers, etwa 1850 bis 1890. M. 1 Abb. Nr. 306.

— — II: Die Entwicklung des heutigen Feldgeschützes auf Grund der Erfindung des rauchlosen Pulvers, etwa 1890 bis zur Gegenwart. Mit 11 Abb. Nr. 307.

Fernsprechwesen, Das, von Dr. Ludwig Nellstab in Berlin. Mit 47 Figuren und 1 Tafel. Nr. 155.

Festigkeitslehre von W. Hauber, Diplom-Ingenieur. Mit 56 Fig. Nr. 288.

— **Aufgabensammlung zur Festigkeitslehre mit Lösungen** von R. Haren, Diplom-Ingenieur in Mannheim. Mit 42 Figuren. Nr. 491.

Fette, Die, und Öle sowie die Seifen- u. Kerzenfabrikat. u. d. Harze, Lacke, Firnisse m. ihren wichtigst. Hilfsstoffen von Dr. Karl Braun in Berlin. I: Einführ. in die Chemie, Besprech. einiger Salze u. d. Fette und Öle. Nr. 335.

— — II: Die Seifenfabrikation, die Seifenanalyse und die Kerzenfabrikation. Mit 25 Abbild. Nr. 336.

— — III: Harze, Lacke, Firnisse. Nr. 337.

Feuerwaffen. Geschichte der gesamten Feuerwaffen bis 1850. Die Entwicklung der Feuerwaffen von ihrem ersten Auftreten bis zur Einführung der gezogenen Hinterlader, unter besonderer Berücksichtigung der Heeresbewaffnung v. Hauptmann a. D. W. Gohlke, Steglitz-Berlin. Mit 105 Abbildungen. Nr. 530.

Finanzsysteme d. Großmächte, Die, (Internationales Staats- u. Gemeinde-Finanzwesen) von O. Schwarz, Geh. Oberfinanzrat in Berlin. Zwei Bändchen. Nr. 450 und 451.

Finanzwissenschaft von Präsident Dr. R. van der Borght in Berlin. I: Allgemeiner Teil. Nr. 148.

— — II: Besonderer Teil (Steuerlehre). Nr. 391.

Finnisch-ugrische Sprachwissenschaft von Dr. Josef Szinnyei, Prof. an der Universität Budapest. Nr. 463.

Finnland. Landeskunde des Europäischen Rußlands nebst Finnlands von Professor Dr. A. Philippson in Halle a. S. Nr. 359.

Firnisse. Harze, Lacke, Firnisse von Dr. Karl Braun in Berlin. (Fette und Öle III.) Nr. 337.

Fische. Das Tierreich IV: Fische von Professor Dr. Max Nauther in Neapel. Mit 37 Abbild. Nr. 356.

Fischerei und Fischzucht von Dr. Karl Eckstein, Professor an der Forstakademie Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens. Nr. 159.

Digitized by Google

Flora. Exkursionsflora von Deutschland zum Bestimmen der häufigeren in Deutschland wildwachsenden Pflanzen von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. 2 Teile. Mit je 50 Abbildungen. Nr. 268, 269.

Forensische Psychiatrie von Professor Dr. W. Weygandt, Direktor der Irrenanstalt Friedrichsberg in Hamburg. Zwei Bändchen. Nr. 410 und 411.

Forstwissenschaft von Dr. Ad. Schwappach, Prof. a. d. Forstakademie Eberswalde, Abteilungsdirig. bei d. Hauptstation d. forstl. Versuchswes. Nr. 106.

Fortbildungsschulwesen, Das deutsche, nach seiner geschichtl. Entwicklung und in seiner gegenwärt. Gestalt von H. Siercks, Revisor gewerbl. Fortbildungsschulen in Schleswig. Nr. 392.

Franken. Geschichte Frankens von Dr. Christ. Meyer, Kgl. preuß. Staatsarchivar a. D. in München. Nr. 434.

Frankreich. Französische Geschichte von Dr. R. Sternfeld, Professor an d. Universität Berlin. Nr. 85.

— **Landeskunde von Frankreich** v. Dr. Richard Neuse, Direktor der Oberrealschule in Spandau. 1. Bändchen. Mit 23 Abbild. im Text und 16 Landschaftsbildern auf 16 Tafeln. Nr. 466.

— — 2. Bändchen. Mit 15 Abbild. im Text, 18 Landschaftsbildern auf 16 Tafeln und einer lithogr. Karte. Nr. 467.

Französische Handelskorrespondenz von Professor Th. de Beaux, Officier de l'Instruction Publique. Nr. 183.

Fremdwort, Das, im Deutschen von Dr. Rud. Kleinpaul in Leipzig. Nr. 55.

Fremdwörterbuch, Deutsches, von Dr. Rud. Kleinpaul in Leipzig. Nr. 273.

Fuge. Erläuterung und Anleitung zur Kompositionen derselben v. Prof. Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 418.

Gas- und Wasserinstallationen mit Einschluß der Aborkanlagen von Professor Dr. phil. und Dr.-Ingen. Eduard Schmitt in Darmstadt. Mit 119 Abbildungen. Nr. 412.

Gaskraftmaschinen, Die, von Ing. Alfred Kirschke in Halle a. S. Mit 55 Figuren. Nr. 316.

Gasthäuser und Hotels von Architekt Max Wöhler in Düsseldorf. I: Die Bestandteile und die Einrichtung des Gasthauses. Mit 70 Figuren. Nr. 525.

Gasthäuser und Hotels von Architekt Max Wöhler in Düsseldorf. II: Die verschiedenen Arten von Gasthäusern. Mit 82 Figuren. Nr. 526.

Gebirgsartillerie. Die Entwicklung der Gebirgsartillerie von Klußmann, Oberst und Kommandeur der 1. Feldartillerie-Brigade in Königsberg i. Pr. Mit 78 Bildern und 5 Übersichtstafeln. Nr. 531.

Genossenschaftswesen, Das, in Deutschland von Dr. Otto Lindecke in Düsseldorf. Nr. 384.

Geodäsie. Vermessungskunde von Diplom-Ing. P. Werkmeister, Oberlehrer an der Kaiserl. Technisch. Schule in Straßburg i. E. I: Feldmessen und Nivellieren. Mit 146 Abbild. II: Der Theodolit. Trigonometrische und barometrische Höhenmessung. Tachymetrie. Mit 109 Abbildungen. Nr. 468 u. 469.

Geologie in kurzem Auszug für Schulen und zur Selbstbelehrung zusammengestellt von Professor Dr. Eberh. Fraas in Stuttgart. Mit 16 Abbildungen und 4 Tafeln mit 51 Figuren. Nr. 13.

Geometrie, Analytische, der Ebene von Professor Dr. M. Simon in Straßburg. Mit 57 Figuren. Nr. 65.

— — **Aufgabensammlung zur Analytischen Geometrie der Ebene** von O. Th. Bürklen, Professor am Königl. Realgymnasium in Schwäb.-Gmünd. Mit 32 Figuren. Nr. 256.

— **Analytische, des Raumes** von Professor Dr. M. Simon in Straßburg. Mit 28 Abbildungen. Nr. 89.

— — **Aufgabensammlung zur Analytischen Geometrie des Raumes** von O. Th. Bürklen, Professor am Königl. Realgymnasium in Schwäb.-Gmünd. Mit 8 Figuren. Nr. 309.

— **Darstellende,** v. Dr. Robert Haußner, Professor an der Universität Jena. I. Mit 110 Figuren. Nr. 142.

— — II. Mit 40 Figuren. Nr. 143.

— **Ebene,** von G. Mahler, Professor am Gymnasium in Ulm. Mit 111 zweifarbigen Figuren. Nr. 41.

— **Projektive,** in synthet. Behandlung von Dr. Karl Doehlemann, Professor an der Universität München. Mit 91 Figuren. Nr. 72.

Digitized by Google

Geometrische Optik, Einführung in die, von Dr. W. Hinrichs in Wilmersdorf-Berlin. Nr. 532.

Geometrisches Zeichnen von H. Becker, Architekt und Lehrer an der Baugewerkschule in Magdeburg, neubearbeitet von Professor J. Vonderlinn in Münster. Mit 290 Figuren und 23 Tafeln im Text. Nr. 58.

Germanische Mythologie von Dr. E. Mogk, Prof. a. d. Univ. Leipzig. Nr. 15.

Germanische Sprachwissenschaft von Dr. Rich. Loewe in Berlin. Nr. 238.

Geschichtswissenschaft, Einleitung i. die, von Dr. Ernst Bernheim, Prof. an der Univers. Greifswald. Nr. 270.

Geschütze, Die modernen, der Fußartillerie von Mummenhoff, Major und Lehrer an der Fußartillerie-Schießschule in Jüterbog. I: Vom Auftreten d. gezogenen Geschütze bis zur Verwendung des rauchschwachen Pulvers 1850—1890. Mit 50 Textbildern. Nr. 334.

— — II: Die Entwicklung der heutigen Geschütze der Fußartillerie seit Einführung des rauchschwachen Pulvers 1890 bis zur Gegenwart. Mit 33 Textbildern. Nr. 362.

Gesetzbuch, Bürgerliches, siehe: Recht des Bürgerlichen Gesetzbuches.

Gesundheitslehre. Der menschliche Körper, sein Bau und seine Tätigkeiten von E. Rebmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abbildungen u. 1 Tafel. Nr. 18.

Gewerbehygiene von Dr. E. Roth in Potsdam. Nr. 350.

Gewerbewesen von Werner Sombart, Professor an der Handelshochschule Berlin. I. II. Nr. 203. 204.

Gewerbliche Arbeiterfrage, Die, von Werner Sombart, Professor an der Handelshochschule Berlin. Nr. 209.

Gewerbliche Bauten. Industrielle und gewerbliche Bauten (Speicher, Lagerhäuser und Fabriken) von Architekt Heinrich Salzmann in Düsseldorf. I: Allgemeines über Anlage und Konstruktion der industriellen und gewerblichen Bauten. Nr. 511.

— — II: Speicher und Lagerhäuser. Mit 121 Figuren. Nr. 512.

Gewichtswesen. Maß-, Münz- und Gewichtswesen von Dr. Aug. Blind, Prof. a. d. Handelsch. i. Köln. Nr. 283.

Gießereimaschinen von Emil Treiber, Dipl.-Ingenieur in Heidenheim a. d. Brenz. Mit 51 Figuren. Nr. 548.

Glas- und keramische Industrie (Industrie der Silikate, der Bausteine und des künstlichen Mörtels I) von Dr. Gustav Rauter in Charlottenburg. Mit 12 Taf. Nr. 233.

Gleichstrommaschine, Die, von Ingenieur Dr. C. Kinzbrunner in London. Mit 78 Figuren. Nr. 257.

Gletscherkunde von Dr. Fritz Machaček in Wien. Mit 5 Abbildungen im Text und 11 Tafeln. Nr. 154.

Gotische Sprachdenkmäler mit Grammatik, Übersetzung und Erläutergn. v. Dr. Herm. Jantzen, Direktor d. Königin Luise-Schule i. Königsberg i. Pr. Nr. 79.

Graphischen Künste, Die, von Carl Kampmann, k. k. Lehrer an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit zahlreichen Abbildungen und Beilagen. Nr. 75.

Griechische Altertumskunde von Professor Dr. Rich. Maisch, neu bearbeitet von Rektor Dr. Franz Pohlhammer. Mit 9 Vollbildern. Nr. 16.

Griechische Geschichte von Dr. Heinrich Swoboda, Professor an der deutschen Universität Prag. Nr. 49.

Griechische Literaturgeschichte mit Berücksichtigung d. Geschichte d. Wissenschaften von Dr. Alfred Gercke, Prof. an der Univers. Breslau. 2 Bändchen. Nr. 70 und 557.

Griechischen Sprache, Geschichte d., I: Bis zum Ausgange der klassischen Zeit von Dr. Otto Hoffmann, Prof. a. d. Universität Münster. Nr. 111.

Griechische u. römische Mythologie v. Prof. Dr. Herm. Steuding, Rektor d. Gymnasiums in Schneeberg. Nr. 27.

Grundbuchrecht, Das formelle, von Oberlandesgerichtsr. Dr. F. Kretzschmar in Dresden. Nr. 549.

Handelspolitik, Auswärtige, von Dr. Heinr. Sieveking, Professor an der Universität Zürich. Nr. 245.

Handelsrecht, Deutsches, von Dr. Karl Lehmann, Professor an der Universität Göttingen. I: Einleitung. Der Kaufmann und seine Hilfspersonen. Offene Handelsgesellschaft. Kommandit- und stille Gesellschaft. Nr. 457.

Digitized by Google

Handelsrecht, Deutsches, von Dr. Karl Lehmann, Prof. a. d. Univ. Göttingen. II: Aktiengesellsch. Gesellsch. m. b. H. Eing. Gen. Handelsgesch. Nr. 458.

Handelsschulwesen, Das deutsche, von Theodor Blum, Direktor des kaufm. Unterrichtswesens der Handelskammer f. d. Herzogt. Anhalt zu Dessau. Nr. 558.

Handelsstand, Der, von Rechtsanwalt Dr. jur. Bruno Springer in Leipzig. (Kaufmännische Rechtskunde Band 2.) Nr. 545.

Handelswesen, Das, von Geh. Oberregierungsrat Dr. Wilh. Lexis, Professor an der Universität Göttingen. I: Das Handelspersonal und der Warenhandel. Nr. 296.

— — II: Die Effektenbörse und die innere Handelspolitik. Nr. 297.

Handfeuerwaffen, Die Entwicklung der, seit der Mitte des 19. Jahrhunderts und ihr heutiger Stand von G. Wrzodek, Hauptmann und Kompagniechef im Infanterie-Regim. Freiherr Hiller von Gärtringen (4. Posensches) Nr. 59 in Soldau. Mit 21 Abbildungen. Nr. 366.

Harmonielehre von A. Halm. Mit vielen Notenbeispielen. Nr. 120.

Hartmann von Aue, Wolfram von Eschenbach und Gottfried von Straßburg. Auswahl aus dem höfischen Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch von Dr. K. Marold, Professor am Königlichen Friedrichskollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.

Harze, Lacke, Firnisse von Dr. Karl Braun in Berlin. (Die Fette und Öle III.) Nr. 337.

Hauptliteraturen, Die, d. Orients v. Dr. M. Haberlandt, Privatdoz. a. d. Univers. Wien. I. II. Nr. 162. 163.

Hebezeuge, Die, ihre Konstruktion u. Berechnung von Ing. Prof. Hermann Wilda, Bremen. M. 399 Abb. Nr. 414.

Heeresorganisation. Die Entwicklung der Heeresorganisation seit Einführung der stehenden Heere von Otto Neuschler, Hauptmann u. Batteriechef in Ulm. I: Geschichtliche Entwicklung bis zum Ausgange des 19. Jahrhunderts. Nr. 552.

Heizung u. Lüftung v. Ing. Johannes Körting in Düsseldorf. I: Das Wesen und die Berechnung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 34 Fig. Nr. 342.

Heizung u. Lüftung v. Ing. Johannes Körting in Düsseldorf. II: Die Ausführung der Heizungs- und Lüftungsanlage. Mit 191 Fig. Nr. 343.

Hessen. Landeskunde des Großherzogtums Hessen, der Provinz Hessen-Nassau und des Fürstentums Waldeck von Prof. Dr. Georg Greim in Darmstadt. Mit 13 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 376.

Holz, Das. Aufbau, Eigenschaften und Verwendung von Ingenieur Professor Hermann Wilda in Bremen. Mit 33 Abbildungen. Nr. 459.

Hotels. Gasthäuser und Hotels von Architekt Max Wöhler in Düsseldorf. I: Die Bestandteile u. d. Einrichtung d. Gasthauses. Mit 70 Figuren. Nr. 525.

— — II: Die verschiedenen Arten v. Gasthäusern. Mit 82 Figuren. Nr. 526.

Hydraulik von W. Hauber, Dipl.-Ing. in Stuttgart. Mit 44 Fig. Nr. 397.

Hygiene des Städtebaus, Die, von Professor H. Chr. Nußbaum in Hannover. Mit 30 Abbildungen. Nr. 348.

— **des Wohnungswesens** von Professor H. Chr. Nußbaum in Hannover. Mit 5 Abbildungen. Nr. 363.

Iberische Halbinsel. Landeskunde der Iberischen Halbinsel von Dr. Fritz Regel, Prof. a. d. Univ. Würzburg. Mit 8 Kärtchen u. 8 Abb. im Text und 1 Karte in Farbendruck. Nr. 235.

Indische Religionsgeschichte v. Prof. Dr. Edmund Hardy. Nr. 83.

Indogerman. Sprachwissenschaft v. Dr. R. Meringer, Professor an der Univers. Graz. Mit 1 Tafel. Nr. 59.

Industrielle u. gewerbliche Bauten (Speicher, Lagerhäuser und Fabriken) von Architekt Heinrich Salzmann in Düsseldorf. I: Allgemeines über Anlage und Konstruktion der industriellen und gewerblichen Bauten. Nr. 511.

— — II: Speicher und Lagerhäuser. Mit 121 Figuren. Nr. 512.

Infektionskrankheiten, Die, und ihre Verhütung von Stabsarzt Dr. W. Hoffmann in Berlin. Mit 12 vom Verfasser gezeichneten Abbildung. und einer Fiebertafel. Nr. 327.

Instrumentenlehre v. Musikdir. Franz Mayerhoff i. Chemnitz. I: Text. Nr. 437.

— — II: Notenbeispiele. Nr. 438.

Digitized by Google

Integralrechnung von Dr. Friedr. Junker, Rektor des Realgymnasiums und der Oberrealschule in Göppingen. Mit 89 Figuren. Nr. 88.

— **Repetitorium und Aufgabensammlung zur Integralrechnung** von Dr. Friedrich Junker, Rektor des Realgymnasiums u. d. Oberrealschule in Göppingen. Mit 52 Fig. Nr. 147.

Israel. Geschichte Israels bis auf die griechische Zeit von Lic. Dr. J. Benzinger. Nr. 231.

Italienische Handelskorrespondenz von Professor Alberto de Beaux, Oberlehrer am Königl. Institut S. S. Annunziata in Florenz. Nr. 219.

Italienische Literaturgeschichte von Dr. Karl Vossler, Professor an der Universität München. Nr. 125.

Kalkulation, Die, im Maschinenbau von Ingenieur H. Bethmann, Dozent am Technikum Altenburg. Mit 63 Abbildungen. Nr. 486.

Kältemaschinen. Die thermodynamischen Grundlagen der Wärmekraft- und Kältemaschinen von M. Röttinger, Diplom-Ingenieur in Mannheim. Mit 73 Fig. Nr. 2.

Kamerun. Die deutschen Kolonien I: Togo und Kamerun von Prof. Dr. Karl Dove. Mit 16 Tafeln und einer lithographischen Karte. Nr. 441.

Kant, Immanuel. (Geschichte d. Philosophie Band 5) von Dr. Bruno Bauch, Prof. a. d. Univ. Halle a. S. Nr. 536.

Kartell und Trust v. Dr. S. Tschierschky in Düsseldorf. Nr. 522.

Kartenkunde, geschichtlich dargestellt von E. Gelcich, Direktor der k. k. Nautischen Schule in Lussinpiccolo, F. Sauter, Professor am Realgymnasium in Ulm und Dr. Paul Dinse, Assistent der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin, neu bearbeitet v. Dr. M. Groll, Kartograph in Berlin. Mit 71 Abbild. Nr. 30.

Kaufmännische Rechtskunde. I: Das Wechselwesen von Rechtsanwalt Dr. Rudolf Mothes in Leipzig. Nr. 103.

— **II:** Der Handelsstand v. Rechtsanw. Dr. jur. Bruno Springer, Leipzig. Nr. 545.

Kaufmännisches Rechnen von Prof. Richard Just, Oberlehrer a. d. Öffentl. Handelslehranstalt d. Dresdener Kaufmannsch. I. II. III. Nr. 139. 140. 187.

Keramische Industrie. Die Industrie der Silikate, der künstlichen Bausteine und des Mörtels von Dr. Gustav Rauter. I: Glas- u. keram. Industrie. M. 12 Taf. Nr. 233.

Kerzenfabrikation. Die Seifenfabrikation, die Seifenanalyse und die Kerzenfabrikation von Dr. Karl Braun in Berlin. (Die Fette u. Öle II.) Mit 25 Abbild. Nr. 336.

Kiautschou. Die deutsch. Kolonien. II: Das Südseegebiet und Kiautschou von Prof. Dr. K. Dove. Mit 16 Taf. u. 1 lithogr. Karte. Nr. 520.

Kirchenlied. Martin Luther, Thom. Murner und das Kirchenlied d. 16. Jahrhunderts. Ausgewählt u. mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberl. a. Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7.

Kirchenrecht von Dr. E. Sehling, ord. Prof. d. Rechte in Erlangen. Nr. 377.

Klimakunde I: Allgemeine Klimalehre von Professor Dr. W. Köppen, Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Taf. und 2 Figuren. Nr. 114.

Kolonialgeschichte von Dr. Dietrich Schäfer, Professor der Geschichte an der Universität Berlin. Nr. 156.

Kolonialrecht, Deutsches, von Dr. H. Edler von Hoffmann, Professor an der Kgl. Akademie Posen. Nr. 318.

Kommunale Wirtschaftspflege von Dr. Alfons Nieß, Magistratsassessor in Berlin. Nr. 534.

Kompositionslehre. Musikalische Formenlehre von Stephan Krehl. I. II. Mit viel. Notenbeispiel. Nr. 149. 150.

Kontrapunkt. Die Lehre von der selbständigen Stimmführung von Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 390.

Kontrollwesen, Das agrikulturchemische, von Dr. Paul Krische in Leopoldshall-Staßfurt. Nr. 304.

Koordinatensysteme v. Paul B. Fischer, Oberlehrer an der Oberrealschule zu Groß-Lichterfelde. Mit 8 Fig. Nr. 507.

Körper, Der menschliche, sein Bau und seine Tätigkeiten von E. Rebmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abb. u. 1 Taf. Nr. 18.

Kostenanschlag siehe Veranschlagen.

Digitized by Google

Kriegsschiffbau. Die Entwicklung des Kriegsschiffbaues vom Altertum bis zur Neuzeit. I. Teil: Das Zeitalter der Ruderschiffe u. der Segelschiffe für die Kriegsführung zur See vom Altertum b. 1840. Von Tjard Schwarz, Geh. Marinebaur. u. Schiffbau-Direktor. Mit 32 Abb. Nr. 471.

Kriegswesens, Geschichte des, von Dr. Emil Daniels in Berlin. I: Das antike Kriegswesen. Nr. 488.

— — II: Das mittelalt. Kriegsw. Nr. 498.

— — III: Das Kriegswesen der Neuzeit. Erster Teil. Nr. 518.

— — IV: Das Kriegswesen der Neuzeit. Zweiter Teil. Nr. 537.

Kristallographie von Dr. W. Bruhns, Professor an der Universität Straßburg. Mit 190 Abbild. Nr. 210.

Kudrun und Dietrichepen. Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. O. L. Jiriczek, Professor an der Universität Würzburg. Nr. 10.

Kultur, Die, der Renaissance. Gestaltung, Forschung, Dichtung von Dr. Robert F. Arnold, Professor an der Universität Wien. Nr. 189.

Kulturgeschichte, Deutsche, von Dr. Reinh. Günther. Nr. 56.

Kurzschrift siehe: Stenographie.

Lacke. Harze, Lacke, Firnisse von Dr. Karl Braun in Berlin. (Die Fette und Öle III.) Nr. 337.

Lagerhäuser. Industrielle und gewerbliche Bauten. (Speicher, Lagerhäuser u. Fabriken) von Architekt Heinrich Salzmann, Düsseldorf. II: Speicher u. Lagerhäuser. Mit 121 Fig. Nr. 512.

Länder- und Völkernamen von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 478.

Landwirtschaftliche Betriebslehre v. E. Langenbeck in Groß-Lichterfelde. Nr. 227.

Landwirtschaftlichen Maschinen, Die, von Karl Walther, Diplom-Ingenieur in Mannheim. 3 Bändchen. Mit vielen Abbildgn. Nr. 407—409.

Lateinische Grammatik. Grundriß der lateinischen Sprachlehre von Prof. Dr. W. Botsch in Magdeburg. Nr. 82.

Lateinische Sprache. Geschichte der lateinischen Sprache von Dr. Friedrich Stolz, Professor an der Universität Innsbruck. Nr. 492.

Licht. Theoretische Physik II. Teil: Licht und Wärme. Von Dr. Gust. Jäger, Prof. an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 47 Abb. Nr. 77.

Logarithmen. Vierstellige Tafeln und Gegentafeln für logarithmisches und trigonometrisches Rechnen in zwei Farben zusammengestellt von Dr. Hermann Schubert, Prof. an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 81.

— **Fünfstellige,** von Professor August Adler, Direktor der k. k. Staatsoberrealschule in Wien. Nr. 423.

Logik. Psychologie und Logik zur Einführung in die Philosophie von Professor Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Figuren. Nr. 14.

Lokomotiven. Eisenbahnfahrzeuge von H. Hinnenthal. I: Die Lokomotiven. Mit 89 Abb. im Text u. 2 Taf. Nr. 107.

Lothringen. Geschichte Lothringens von Dr. Hermann Derichsweiler, Geh. Regierungsrat in Straßburg. Nr. 6.

— **Landeskunde v. Elsaß-Lothring.** v. Prof. Dr. R. Langenbeck i. Straßburg i. E. Mit 11 Abb. u. 1 Karte. Nr. 215.

Lötrohrprobierkunde. Qualitative Analyse mit Hilfe des Lötrohrs von Dr. Martin Henglein in Freiberg i. Sa. Mit 10 Figuren. Nr. 483.

Lübeck. Landeskunde der Großherzogtümer Mecklenburg u. der Freien u. Hansestadt Lübeck von Dr. Sebald Schwarz, Direktor d. Realschule zum Dom in Lübeck. Mit 17 Abbildungen und Karten im Text und 1 lithographischen Karte. Nr. 487.

Luft- und Meeresströmungen von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigationsschule zu Lübeck. Mit 27 Abbildungen u. Tafeln. Nr. 551.

Lüftung. Heizung und Lüftung von Ingenieur Johannes Körting in Düsseldorf. I: Das Wesen und die Berechnung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 34 Figuren. Nr. 342.

— — II: Die Ausführung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 191 Figuren. Nr. 343.

Luther, Martin, Thom. Murner u. das Kirchenlied des 16. Jahrhunderts. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberlehrer am Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7

Digitized by Google

Magnetismus. Theoretische Physik III. Teil: Elektrizität u. Magnetismus. Von Dr. Gustav Jäger, Professor an der Technischen Hochschule Wien. Mit 33 Abbildungen. Nr. 78.

Mälzerei. Brauereiwesen I: Mälzerei von Dr. P. Dreverhoff, Direktor der Öffentl. u. l. Sächs. Versuchsstat. für Brauerei u. Mälzerei, sow. d. Brauer- und Mälzerschule zu Grimma. Nr. 303.

Maschinenbau, Die Kalkulation im, v. Ing. H. Bethmann, Doz. a. Technik. Altenburg. Mit 63 Abbild. Nr. 486.

— **Die Materialien des Maschinenbaues und der Elektrotechnik** von Ingenieur Prof. Hermann Wilda. Mit 3 Abb. Nr. 476.

Maschinenelemente, Die. Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch von Fr. Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 86 Figuren. Nr. 3.

Maßanalyse von Dr. Otto Nöhm in Stuttgart. Mit 14 Figuren. Nr. 221.

Maß-, Münz- und Gewichtswesen von Dr. August Blind, Professor an der Handelsschule in Köln. Nr. 283.

Materialprüfungswesen. Einführung in d. mod. Technik d. Materialprüfung von K. Memmler, Diplom-Ingenieur, ständ. Mitarbeiter a. Kgl. Material-Prüfungsamte zu Groß-Lichterfelde. I: Materialeigenschaften. — Festigkeitsversuche. — Hilfsmittel für Festigkeitsversuche. Mit 58 Fig. Nr. 311.

— — II: Metallprüfung u. Prüfung von Hilfsmaterialien des Maschinenbaues. — Baumaterialprüfung. — Papierprüfung. — Schmiermittelprüfung. — Einiges über Metallographie. Mit 31 Figuren. Nr. 312.

Mathematik, Geschichte der, von Dr A. Sturm, Professor am Obergymnasium in Seitenstetten. Nr. 226.

Mathematische Formelsammlung u. Repetitorium der Mathematik, enth. die wichtigsten Formeln und Lehrsätze der Arithmetik, Algebra, algebraischen Analysis, ebenen Geometrie, Stereometrie, ebenen und sphärischen Trigonometrie, math. Geographie, analyt. Geometrie der Ebene u. d. Raumes, der Different.- u. Integralrechn. von O. Th. Bürklen, Prof. am Kgl. Realgymn. in Sch.-Gmünd. Mit 18 Figuren. Nr. 51.

Maurer- und Steinhauerarbeiten von Prof. Dr. phil. und Dr.-Ingen. Eduard Schmitt in Darmstadt. 3 Bändchen. Mit vielen Abbild. Nr. 419—421.

Mechanik. Theoret. Physik I. Teil: Mechanik und Akustik. Von Dr. Gust. Jäger, Professor an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 19 Abbildungen. Nr. 76.

Mechanische Technologie von Geh. Hofrat Professor A. Lüdicke in Braunschweig. 2 Bändchen. Nr. 340, 341.

Mecklenburg. Landeskunde der Großherzogtümer Mecklenburg u. der Freien u. Hansestadt Lübeck v. Dr. Sebald Schwarz, Direktor d. Realschule zum Dom in Lübeck. Mit 17 Abbildungen im Text, 16 Tafeln und 1 Karte in Lithographie. Nr. 487.

Meereskunde, Physische, von Professor Dr. Gerhard Schott, Abteilungsvorsteher bei der Deutschen Seewarte in Hamburg. Mit 39 Abbildungen im Text und 8 Tafeln. Nr. 112.

Meeresströmungen. Luft- und Meeresströmungen von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigationsschule zu Lübeck. Mit 27 Abbildungen und Tafeln. Nr. 551.

Menschliche Körper, Der, sein Bau und seine Tätigkeiten von E. Rebmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre v. Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abbild. und 1 Tafel. Nr. 18.

Metalle (Anorganische Chemie 2. T.) von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingen., Assistent an der Königlichen Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 212.

Metallographie. Kurze, gemeinfaßliche Darstellung der Lehre von den Metallen und ihren Legierungen unter besonderer Berücksichtigung der Metallmikroskopie von Prof. E. Heyn u. Prof. O. Bauer am Kgl. Materialprüfungsamt (Gr.-Lichterfelde) der Kgl. Techn. Hochschule zu Berlin. I: Allgem. Teil. Mit 45 Abbildungen im Text u. 5 Lichtbildern auf 3 Tafeln. Nr. 432.

— — II: Spezieller Teil. Mit 49 Abb. im Text u. 37 Lichtb. auf 19 Taf. Nr. 433.

Metalloide (Anorganische Chemie 1. Teil) von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 211.

Digitized by Google

Metallurgie von Dr. August Geitz, in Kristiansfand (Norwegen). I. II. Mit 21 Figuren. Nr. 313, 314.

Meteorologie von Dr. W. Trabert, Professor an der Universität Innsbruck. Mit 49 Abbild. u. 7 Tafeln. Nr. 54.

Militärstrafrecht von Dr. Max Ernst Mayer, Professor an der Universität Straßburg i. E. 2 Bde. Nr. 371, 372.

Mineralogie von Dr. R. Brauns, Professor an der Universität Bonn. Mit 132 Abbildungen. Nr. 29.

Mittelhochdeutsch. Dichtungen aus mittelhochdeutscher Frühzeit. In Auswahl mit Einleitung und Wörterbuch herausgegeben von Dr. Hermann Jantzen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 137.

Mittelhochdeutsche Grammatik. Der Nibelunge Nôt in Auswahl und mittelhochdeutsche Grammatik m. kurzem Wörterbuch v. Dr. W. Golther, Prof. a. d. Universität Rostock. Nr. 1.

Morgenland. Geschichte des alten Morgenlandes von Dr. Fr. Hommel, Professor an der Universität München. Mit 9 Bildern und 1 Karte. Nr. 43.

Mörtel. Die Industrie der künstlichen Bausteine und des Mörtels v. Dr. G. Rauter in Charlottenburg. Mit 12 Tafeln. Nr. 234.

Münzwesen. Maß-, Münz- u. Gewichtswesen v. Dr. Aug. Blind, Prof. a. d. Handelsschule in Köln. Nr. 283.

Murner, Thomas. Martin Luther, Thomas Murner u. d. Kirchenlied des 16. Jahrhunderts. Ausgewählt u. m. Einleitungen u. Anmerk. versehen von Prof. G. Berlit, Oberl. am Nikolaigymn. zu Leipzig. Nr. 7.

Musik, Geschichte der alten u. mittelalterlichen, von Dr. A. Möhler in Steinhausen. 2 Bdch. M. zahlr. Abb. und Musikbeilagen. Nr. 121 und 347.

Musikalische Akustik von Professor Dr. Karl L. Schäfer in Berlin. Mit 35 Abbildungen. Nr. 21.

Musikalische Formenlehre (Kompositionslehre) von Stephan Krehl. I. II. Mit viel. Notenbeisp. Nr. 149, 150.

Musikästhetik von Dr. Karl Grunsky in Stuttgart. Nr. 344.

Musikgeschichte des 17. und 18. Jahrhunderts von Dr. K. Grunsky in Stuttgart. Nr. 239.

Musikgeschichte seit Beginn des 19. Jahrhunderts von Dr. K. Grunsky in Stuttgart. I. II. Nr. 164. 165.

Musiklehre, Allgemeine, von Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 220.

Nadelhölzer, Die, von Dr. F. W. Neger, Professor an der Königlichen Forstakademie zu Tharandt. Mit 85 Abbild., 5 Tab. und 3 Karten. Nr. 355.

Nahrungsmittel. Ernährung und Nahrungsmittel von Oberstabsarzt Professor H. Bischoff in Berlin. Mit 4 Abbildungen. Nr. 464.

Nautik. Kurzer Abriß des täglich an Bord von Handelsschiffen angewandten Teils der Schiffahrtskunde. Von Dr. Franz Schulze, Direktor d. Navigations-Schule zu Lübeck. M. 56 Abb. Nr. 84.

Neunzehntes Jahrhundert. Geschichte des 19. Jahrhunderts von Oskar Jäger, o. Honorarprof. a. d. Univ. Bonn. 1. Bdchn.: 1800—1852. Nr. 216.

— — 2. Bändchen: 1853 bis Ende des Jahrhunderts. Nr. 217.

Neutestamentliche Zeitgeschichte von Lic. Dr. W. Staerk, Prof. a. der Univ. in Jena. I: Der historische und kulturgeschichtliche Hintergrund des Urchristentums. Mit 3 Karten. Nr. 325.

— — II: Die Religion des Judentums im Zeitalter d. Hellenismus u. d. Römerherrschaft. Mit 1 Planskizze. Nr. 326.

Nibelunge Nôt, Der, in Auswahl und mittelhochdeutsche Grammatik mit kurzem Wörterbuch von Dr. W. Golther, Professor an der Univ. Rostock. Nr. 1.

Nordische Literaturgeschichte I: Die isländische u. norwegische Literatur des Mittelalters von Dr. Wolfgang Golther, Prof. an der Univers. Rostock. Nr. 254.

Nutzpflanzen von Professor Dr. J. Behrens, Vorst. d. Großherzogl. landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Augustenberg. Mit 53 Figuren. Nr. 123.

Öle. Die Fette und Öle sowie die Seifen- u. Kerzenfabrikation u. d. Harze, Lacke, Firnisse m. ihren wichtigst. Hilfsstoffen von Dr. Karl Braun in Berlin. I: Einführ. in d. Chemie, Besprech. einiger Salze und der Fette und Öle. Nr. 335.

Öle und Riechstoffe, Ätherische, von Dr. F. Rochussen in Miltitz. Mit 9 Abbildungen. Nr. 446.

Optik. Einführung in die geometrische Optik von Dr. W. Hinrichs in Wilmersdorf-Berlin. Nr. 532.

Digitized by Google

Orientalische Literaturen. Die Literaturen des Orients von Dr. M. Haberlandt, Privatdozent an der Universität Wien. I: Die Literaturen Ostasiens und Indiens. Nr. 162.

— — II: Die Literaturen der Perser, Semiten und Türken. Nr. 163.

— **Die christlichen Literaturen des Orients** von Dr. Anton Baumstark. I: Einleitung. — Das christlich-aramäische u. d. koptische Schrifttum. Nr. 527.

— — II: Das christlich-arabische und das äthiopische Schrifttum. — Das christliche Schrifttum der Armenier und Georgier. Nr. 528.

Österreich. Österreichische Geschichte von Prof. Dr. Franz von Krones, neu bearb. von Dr. Karl Uhlirz, Prof. a. d. Univ. Graz. I: Von d. Urzeit b. z. Tode Königs Albrechts II. (1439). Mit 11 Stammtafeln. Nr. 104.

— — II: Vom Tode König Albrechts II. bis zum Westf. Frieden (1440—1648). Mit 3 Stammtafeln. Nr. 105.

— **Landeskunde von Österreich-Ungarn** von Dr. Alfred Grund, Prof. an der Universität Prag. Mit 10 Textillustrationen und 1 Karte. Nr. 244.

Ovidius Naso, Die Metamorphosen des. In Auswahl mit einer Einleit. u. Anmerk. herausgegeb. von Dr. Jul. Ziehen in Frankfurt a. M. Nr. 442.

Pädagogik im Grundriß von Professor Dr. W. Rein, Direktor des Pädagog. Seminars an der Univ. Jena. Nr. 12.

— **Geschichte der,** von Oberlehrer Dr. H. Weimer in Wiesbaden. Nr. 145.

Paläogeographie. Geologische Geschichte der Meere und Festländer von Dr. Franz Kossmat in Wien. Mit 6 Karten. Nr. 406.

Paläoklimatologie von Dr. Wilh. R. Eckardt in Weilburg (Lahn). Nr. 482.

Paläontologie von Dr. Rud. Hoernes, Professor an der Universität Graz. Mit 87 Abbildungen. Nr. 95.

— **und Abstammungslehre** von Dr. Karl Diener, Professor an der Univers. Wien. Mit 9 Abbildungen. Nr. 460.

Palästina. Landes- u. Volkskunde Palästinas v. Lic. Dr. Gustav Hölscher i. Halle. M. 8 Vollbild. u. 1 K. Nr. 345.

Parallelperspektive. Rechtwinklige und schiefwinklige Axonometrie von Professor J. Vonderlinn in Münster. Mit 121 Figuren. Nr. 260.

Personennamen, Die deutschen, von Dr. Rud. Kleinpaul in Leipzig. Nr. 422.

Petrographie von Dr. W. Bruhns, Professor an der Universität Straßburg i. E. Mit 15 Abbild. Nr. 173.

Pflanze, Die, ihr Bau und ihr Leben von Professor Dr. E. Dennert. Mit 96 Abbildungen. Nr. 44.

— **Morphologie u. Organographie der Pflanzen** von Prof. Dr. M. Nordhausen, Privatdoz. a. d. Universit. Kiel. Mit 123 Abbildungen. Nr. 141.

— **Zellenlehre und Anatomie der Pflanzen** v. Dr. H. Miehe, Prof. a. d. Univ. Leipzig. Mit 79 Abb. Nr. 556.

Pflanzenbaulehre. Ackerbau- und Pflanzenbaulehre von Dr. Paul Rippert in Essen und Ernst Langenbeck in Groß-Lichterfelde. Nr. 232.

Pflanzenbiologie von Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 127.

Pflanzenernährung. Agrikulturchemie I: Pflanzenernährung von Dr. Karl Grauer. Nr. 329.

Pflanzengeographie von Professor Dr. Ludwig Diels in Marburg (Hessen). Nr. 389.

Pflanzenkrankheiten von Dr. Werner Friedr. Bruck, Privatdozent in Gießen. Mit 1 farb. Taf. u. 45 Abbild. Nr. 310.

Pflanzenreich, Das. Einteilung des gesamten Pflanzenreichs mit den wichtigsten und bekanntesten Arten von Dr. F. Reinecke in Breslau und Dr. W. Migula, Professor an der Forstakad. Eisenach. Mit 50 Fig. Nr. 122.

Pflanzenreichs, Die Stämme des, von Privatdozent Dr. Robert Pilger, Kustos am Kgl. Botanischen Garten in Berlin-Dahlem. Mit 22 Abb. Nr. 485.

Pflanzenwelt, Die, der Gewässer von Dr. W. Migula, Prof. a. d. Forstak. Eisenach. Mit 50 Abb. Nr. 158.

Pharmakognosie. Von Apotheker F. Schmitthenner, Assist. a. Botan. Institut. d. Techn. Hochsch. Karlsruhe. Nr. 251.

Pharmazeutische Chemie von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. 2 Bändchen. Nr. 543/44.

Philologie, Geschichte d. klassischen, v. Dr. Wilhelm Kroll, ord. Prof. a. d. Univ. Münster in Westfalen. Nr. 367.

Philosophie, Einführung in die, von Dr. Max Wentscher, Professor an der Universität Bonn. Nr. 281.

Digitized by Google

Philosophie, Gesch. der, IV: Neuere Philosophie b. Kant v. Dr. V. Bauch, Prof. a. d. Univ. Halle a. S. Nr. 394.
— — V: **Immanuel Kant** von Dr. Bruno Bauch, Professor an der Universität Halle a. S. Nr. 536.
— **Hauptprobleme der,** von Dr. Georg Simmel, Prof. a. d. Univ. Berlin. Nr. 500.
— **Psychologie und Logik** zur Einf. in die Philosophie von Professor Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Figuren. Nr. 14.
Photographie, Die. Von H. Keßler, Professor an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit 3 Tafeln und 42 Abbildungen. Nr. 94.
Physik, Theoretische, von Dr. Gustav Jäger, Professor der Physik an der Technischen Hochschule in Wien. I. Teil: Mechanik und Akustik. Mit 24 Abbildungen. Nr. 76.
— — II. Teil: Licht und Wärme. Mit 47 Abb. Nr. 77.
— — III. Teil: Elektrizität und Magnetismus. Mit 33 Abbildungen. Nr. 78.
— — IV. Teil: Elektromagnetische Lichttheorie u. Elektronik. M. 21 Fig. Nr. 374.
— **Geschichte der,** von Prof. A. Kistner in Wertheim a. M. I: Die Physik bis Newton. Mit 13 Figuren. Nr. 293.
— — II: Die Physik von Newton bis zur Gegenwart. Mit 3 Figuren. Nr. 294.
Physikalisch-Chemische Rechenaufgaben von Professor Dr. R. Abegg u. Privatdozent Dr. O. Sackur, beide an der Universität Breslau. Nr. 445.
Physikalische Aufgabensammlung von G. Mahler, Professor der Mathematik u. Physik am Gymnasium in Ulm. Mit den Resultaten. Nr. 243.
Physikalische Formelsammlung von G. Mahler, Professor am Gymnasium in Ulm. Mit 65 Figuren. Nr. 136.
Physikalische Messungsmethoden v. Dr. Wilh. Bahrdt, Oberl. a. d. Oberrealschule i. Gr.-Lichterf. M. 49 F. Nr. 301.
Physiologische Chemie von Dr. med. A. Legahn in Berlin. I: Assimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 240.
— — II: Dissimilation. Mit 1 Taf. Nr. 241.
Physische Geographie von Dr. Siegm. Günther, Prof. a. d. Kgl. Techn. Hochsch. in München. Mit 32 Abbild. Nr. 26.
Physische Meereskunde von Prof. Dr. Gerh. Schott, Abteilungsvorsteher bei der Deutsch. Seewarte in Hamburg. Mit 39 Abbild. im Text und 8 Taf. Nr. 112.
Plastik, Die, des Abendlandes von Dr. Hans Stegmann, Direktor des Bayerischen Nationalmuseums in München. Mit 23 Tafeln. Nr. 116.
— **Die, seit Beginn des 19. Jahrhunderts** von A. Heilmeyer in München. Mit 41 Vollbildern. Nr. 321.
Plattdeutsche Mundarten von Dr. Hubert Grimme, Professor an der Universität Freiburg (Schweiz). Nr. 461.
Poetik, Deutsche, von Dr. K. Borinski, Prof. a. der Univ. München. Nr. 40.
Polnische Geschichte von Dr. Clemens Brandenburger in Posen. Nr. 338.
Portugiesische Literaturgeschichte von Dr. Karl von Reinhardstoettner, Professor an der Königlichen Technischen Hochschule München. Nr. 213.
Postrecht von Dr. Alfred Wolcke, Postinspektor in Bonn. Nr. 425.
Preßluftwerkzeuge, Die, von Dipl.-Ing. P. Iltis, Oberlehrer an der Kais. Technischen Schule in Straßburg. Mit 82 Figuren. Nr. 493.
Preußisches Staatsrecht von Dr. Fritz Stier-Somlo, Professor an der Universität Bonn. 2 Teile. Nr. 298, 299.
Psychiatrie, Forensische, von Professor Dr. W. Weygandt, Direktor der Irrenanstalt Friedrichsberg in Hamburg. 2 Bändchen. Nr. 410 und 411.
Psychologie und Logik zur Einführ. in die Philosophie von Prof. Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Figuren. Nr. 14.
Psychophysik, Grundriß der, von Professor Dr. G. F. Lipps in Leipzig. Mit 3 Figuren. Nr. 98.
Pumpen, Druckwasser- u. Druckluft-Anlagen. Ein kurzer Überblick von Dipl.-Ing. Rudolf Vogdt, Regierungsbaumeister a. D. in Aachen. Mit 87 Abbildungen. Nr. 290.
Quellenkunde der deutschen Geschichte von Dr. Carl Jacob, Prof. an d. Univ. Tübingen. 1. Band. Nr. 279.
Radioaktivität von Dipl.-Ing. Wilhelm Frommel. Mit 21 Abbild. Nr. 317.
Rechnen, Das, in der Technik und seine Hilfsmittel (Rechenschieber, Rechentafeln, Rechenmaschinen usw.) von Ingenieur Joh. Eugen Mayer in Freiburg i. Br. Mit 30 Abbild. Nr. 405.
— **Kaufmännisches,** von Prof. Richard Just, Oberlehrer an der Öffentlichen Handelslehranstalt der Dresdener Kaufmannschaft. I. II. III. Nr. 139, 140, 187.

Digitized by Google

Recht des Bürgerlich. Gesetzbuches. Erstes Buch: Allgemeiner Teil. I: Einleitung — Lehre von den Personen u. von den Sachen von Dr. Paul Oertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 447.

— — II: Erwerb und Verlust, Geltendmachung und Schutz der Rechte von Dr. Paul Oertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 448.

— Zweites Buch: Schuldrecht. I. Abteilung: Allgemeine Lehren von Dr. Paul Oertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 323.

— — II. Abteilung: Die einzelnen Schuldverhältnisse v. Dr. Paul Oertmann, Prof. an der Universität Erlangen. Nr. 324.

— Drittes Buch: Sachenrecht von Dr. F. Kretzschmar, Oberlandesgerichtsrat in Dresden. I: Allgemeine Lehren. Besitz und Eigentum. Nr. 480.

— — II: Begrenzte Rechte. Nr. 481.

— Viertes Buch: Familienrecht von Dr. Heinrich Titze, Professor an der Universität Göttingen. Nr. 305.

Rechtslehre, Allgemeine, von Professor Dr. Th. Sternberg in Berlin. I: Die Methode. Nr. 169.

— — II: Das System. Nr. 170.

Rechtsschutz, Der internationale gewerbliche, von J. Neuberg, Kaiserl. Regierungsrat, Mitglied des Kaiserl. Patentamts zu Berlin. Nr. 271.

Redelehre, Deutsche, von Hans Probst, Gymnasialprof. in Bamberg. Nr. 61.

Redeschrift siehe: Stenographie.

Reichsfinanzen, Die Entwicklung der, von Präsident Dr. R. van der Borght in Berlin. Nr. 427.

Religion, Die Entwicklung der christlichen, innerhalb des Neuen Testaments von Professor Dr. Lic. Carl Clemen. Nr. 388.

— **Die, des Judentums** im Zeitalter des Hellenismus und der Römerherrschaft von Lic. Dr. W. Staerk (Neutestamentl. Zeitgeschichte II.) Mit einer Planskizze. Nr. 326.

Religionen der Naturvölker, Die, von Dr. Th. Achelis, Professor in Bremen. Nr. 449.

Religionswissenschaft, Abriß der vergleichenden, von Professor Dr. Th. Achelis in Bremen. Nr. 208.

Renaissance. Die Kultur der Renaissance. Gesittung, Forschung, Dichtung von Dr. Robert F. Arnold, Prof. an der Universität Wien. Nr. 189.

Reptilien. Das Tierreich III: Reptilien und Amphibien. Von Dr. Franz Werner, Professor an der Universität Wien. Mit 48 Abb. Nr. 383.

Rheinprovinz, Landeskunde der, von Dr. B. Steinecke, Direktor des Realgymnasiums in Essen. Mit 9 Abb., 3 Kärtchen und 1 Karte. Nr. 308.

Riechstoffe. Ätherische Öle und Riechstoffe von Dr. F. Rochussen in Miltitz. Mit 9 Abbildungen. Nr. 446.

Roman. Geschichte des deutschen Romans v. Dr. Hellm. Mielke. Nr. 229.

Romanische Sprachwissenschaft von Dr. Adolf Zauner, Privatdozent an d. Univ. Wien. 2 Bände. Nr. 128, 250.

Römische Altertumskunde von Dr. Leo Bloch in Wien. M. 8 Vollb. Nr. 45.

Römische Geschichte von Realgymnasial-Direktor Dr. Jul. Koch in Grunewald. Nr. 19.

Römische Literaturgeschichte von Dr. Hermann Joachim in Hamburg. Nr. 52.

Römische und griechische Mythologie von Prof. Dr. Hermann Steuding, Rektor des Gymnasiums in Schneeberg. Nr. 27.

Rußland. Russische Geschichte von Dr. Wilh. Reeb, Oberlehrer am Ostergymnasium in Mainz. Nr. 4.

— **Landeskunde des Europäischen Rußlands nebst Finnlands** von Professor Dr. A. Philippson in Halle a. S. Nr. 359.

Russisch-Deutsches Gesprächsbuch von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität München. Nr. 68.

Russische Grammatik von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität München. Nr. 66.

Russische Handelskorrespondenz von Dr. Theodor von Kawraysky in Leipzig. Nr. 315.

Russisches Lesebuch mit Glossar von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität München. Nr. 67.

Russische Literatur von Dr. Erich Boehme, Lektor a. der Handelshochschule Berlin. I. Teil: Auswahl moderner Prosa und Poesie mit ausführlichen Anmerkgn. u. Akzentbezeichnung. Nr. 403.

Digitized by Google

Russische Literatur von Dr. Erich Boehme, Lektor an der Handelshochschule Berlin. II. Teil: Всеволодъ Гаршинъ, Разсказы. Mit Anmerk. und Akzentbezeichnung. Nr. 404.

Russische Literaturgeschichte von Dr. Georg Polonskij in München. Nr. 166.

Russisches Vokabelbuch, Kleines, von Dr. Erich Boehme, Lektor an der Handelshochschule Berlin. Nr. 475.

Sachenrecht. Recht d. Bürgerl. Gesetzbuches. Drittes Buch: Sachenrecht von Dr. F. Kretzschmar, Oberlandesgerichtsrat in Dresden. I: Allgemeine Lehren. Besitz und Eigentum. II: Begrenzte Rechte. Nr. 480, 481.

Sachs, Hans. Ausgewählt und erläut. von Prof. Dr. Julius Sahr. Nr. 24.

Sachsen. Sächsische Geschichte von Professor Otto Kaemmel, Rektor des Nikolaigymnasiums z. Leipzig. Nr. 100.

— **Landeskunde des Königreichs Sachsen** von Dr. J. Zemmrich, Oberlehrer am Realgymnasium in Plauen. Mit 12 Abb. und 1 Karte. Nr. 258.

Säugetiere. Das Tierreich I: Säugetiere von Oberstudienrat Professor Dr. Kurt Lampert, Vorsteher des Königlichen Naturalienkabinetts in Stuttgart. Mit 15 Abbildungen. Nr. 282.

Schattenkonstruktionen von Professor J. Vonderlinn in Münster. Mit 114 Figuren. Nr. 236.

Schmalspurbahnen (Klein-, Arbeits- und Feldbahnen) v. Dipl.-Ing. August Boshart in Charlottenburg. Mit 99 Abbildungen. Nr. 524.

Schmarotzer und Schmarotzertum in der Tierwelt. Erste Einführung in die tierische Schmarotzerkunde von Dr. Franz v. Wagner, a. o. Professor an der Universität Graz. Mit 67 Abbildungen. Nr. 151.

Schreiner-Arbeiten. Tischler-(Schreiner-)Arbeiten I: Materialien, Handwerkszeuge, Maschinen, Einzelverbindungen, Fußböden, Fenster, Fensterladen, Treppen, Aborte von Prof. E. Viehweger, Architekt in Köln. Mit 628 Fig. auf 75 Tafeln. Nr. 502.

Schuldrecht. Recht des Bürgerl. Gesetzbuches. Zweites Buch: Schuldrecht. I. Abteilung: Allgemeine Lehren von Dr. Paul Oertmann, Prof. a. d. Univ. Erlangen. Nr. 323.

Schuldrecht. Recht des Bürgerl. Gesetzbuches. Zweites Buch: Schuldrecht. II. Abteilung: Die einzelnen Schuldverhältnisse von Dr. Paul Oertmann, Prof. an der Univ. Erlangen. Nr. 324.

Schule, die deutsche, im Auslande von Hans Amrhein, Direktor der deutschen Schule in Lüttich. Nr. 259.

Schulhaus. Die Baukunst des Schulhauses von Professor Dr.-Ing. Ernst Vetterlein in Darmstadt. I: Das Schulhaus. Mit 38 Abbildungen. II: Die Schulräume — Die Nebenanlagen. Mit 31 Abbildungen. Nr. 443 u. 444.

Schulpraxis. Methodik der Volksschule von Dr. R. Seyfert, Seminardirektor in Zschopau. Nr. 50.

Schwedisch-deutsch. Gesprächsbuch von Johannes Neuhaus, Dozent an der Universität Berlin. Nr. 555.

Schwedisches Lesebuch zur Einführung in die Kenntnis des heutigen Schwedens mit Wörterverzeichnis von Johannes Neuhaus, Dozent an der Universität Berlin. Nr. 554.

Schweiz. Schweizerische Geschichte von Dr. K. Dändliker, Professor an der Universität Zürich. Nr. 188.

— **Landeskunde der Schweiz** von Prof. Dr. H. Walser in Bern. Mit 16 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 398.

Schwimmanstalten. Öffentl. Bade- und Schwimmanstalten von Dr. Karl Wolff, Stadt-Oberbaurat in Hannover. Mit 50 Figuren. Nr. 380.

Seemacht, Die, in der deutschen Geschichte von Wirkl. Admiralitätsrat Dr. Ernst von Halle, Professor an der Universität Berlin. Nr. 370.

Seerecht, Das deutsche, von Dr. Otto Brandis, Oberlandesgerichtsrat in Hamburg. I. Allgemeine Lehren: Personen und Sachen des Seerechts. Nr. 386.

— — II. Die einzelnen seerechtlichen Schuldverhältnisse: Verträge des Seerechts u. außervertragliche Haftung. Nr. 387.

Seifenfabrikation, Die, die Seifenanalyse u. d. Kerzenfabrikation v. Dr. Karl Braun i. Berlin. (Die Fette und Öle II.) Mit 25 Abbild. Nr. 336.

Semitische Sprachwissenschaft von Dr. C. Brockelmann, Professor an der Universität Königsberg. Nr. 291.

Digitized by Google

Silikate. Industrie der Silikate, der künstlichen Bausteine u. des Mörtels von Dr. Gustav Rauter in Charlottenburg. I: Glas und keramische Industrie. Mit 12 Taf. Nr. 233.
— — II: Die Industrie d. künstlichen Bausteine und des Mörtels. Mit 12 Tafeln. Nr. 234.

Simplicius Simplicissimus von Hans Jakob Christoffel v. Grimmelshausen. In Auswahl herausgegeben von Professor Dr. F. Bobertag, Dozent an der Universität Breslau. Nr. 138.

Skandinavien, Landeskunde von, (Schweden, Norwegen und Dänemark) von Heinrich Kerp, Kreisschulinspektor in Kreuzburg. Mit 11 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 202.

Slavische Literaturgeschichte v. Dr. Josef Karásek in Wien I: Ältere Literatur bis zur Wiedergeburt. Nr. 277.
— — II: Das 19. Jahrhundert. Nr. 278.

Soziale Frage. Die Entwicklung der sozial. Frage von Professor Dr. Ferdin. Tönnies. Nr. 353.

Soziologie von Professor Dr. Thomas Achelis in Bremen. Nr. 101.

Spanien. Spanische Geschichte von Dr. Gustav Diercks. Nr. 266.

— **Landeskunde der Iberischen Halbinsel** v. Dr. Fritz Regel, Prof. an der Univ. Würzburg. Mit 8 Kärtchen und 8 Abbildungen im Text und 1 Karte in Farbendruck. Nr. 235.

Spanische Handelskorrespondenz von Dr. Alfredo Nadal de Mariezcurrena. Nr. 295.

Spanische Literaturgeschichte v. Dr. Rudolf Beer, Wien. I. II. Nr. 167, 168.

Speicher. Industrielle und gewerbliche Bauten (Speicher, Lagerhäuser und Fabriken) von Architekt Heinrich Salzmann in Düsseldorf. II: Speicher u. Lagerhäuser. Mit 121 Fig. Nr. 512.

Staatslehre, Allgemeine, von Dr. Hermann Rehm, Professor an der Universität Straßburg i. E. Nr. 358.

Staatsrecht, Allgemeines, von Dr. Julius Hatschek, Prof. d. Rechte a. d. Univ. Göttingen. 3 Bde. Nr. 415—417.

Staatsrecht, Preußisches, von Dr. Fritz Stier-Somlo, Prof. a. d. Universität Bonn. 2 Teile Nr. 298, 299.

Stammeskunde, Deutsche, von Dr. Rudolf Much, a. o. Prof. a. d. Univ. Wien. M. 2 Kart. u. 2 Taf. Nr. 126.

Statik von W. Hauber, Dipl.-Ing. I. Teil: **Die Grundlehren der Statik starrer Körper.** Mit 82 Figuren. Nr. 178.
— — II. Teil: **Angewandte Statik.** Mit 61 Figuren. Nr. 179.

Steinhauerarbeiten. Maurer- und Steinhauerarbeiten von Professor Dr. phil. und Dr.-Ing. Eduard Schmitt in Darmstadt. 3 Bändchen. Mit vielen Abbildgn. Nr. 419—421.

Stenographie. Geschichte der Stenographie von Dr. Arthur Mentz in Königsberg i. Pr. Nr. 501.

Stenographie n. d. System v. F. X. Gabelsberger v. Dr. Albert Schramm, Landesamtsass. in Dresden. Nr. 246.
— **Die Redeschrift des Gabelsbergerschen Systems** von Dr. Albert Schramm, Landesamtsassessor in Dresden. Nr. 368.
— **Lehrbuch d. Vereinfachten Deutschen Stenographie** (Einig.-System Stolze-Schrey) nebst Schlüssel, Lesestücken und einem Anhang von Dr. Amsel, Studienrat des Kadettenkorps in Bensberg. Nr. 86.
— **Redeschrift.** Lehrbuch der Redeschrift des Systems Stolze-Schrey nebst Kürzungsbeisp., Lesestücken, Schlüssel und einer Anleitung zur Steigerung der stenographischen Fertigkeit von Heinrich Dröse, amtl. bad. Landtagsstenograph in Karlsruhe (B.). Nr. 494.

Stereochemie von Dr. E. Wedekind, Professor an der Universität Tübingen. Mit 34 Abbildungen. Nr. 201.

Stereometrie von Dr. R. Glaser in Stuttgart. Mit 66 Figuren. Nr. 97.

Steuersysteme des Auslandes, Die, von Geh. Oberfinanzrat O. Schwarz in Berlin. Nr. 426.

Stilkunde v. Prof. Karl Otto Hartmann in Stuttgart. Mit 7 Vollbildern und 195 Textillustrationen. Nr. 80.

Stöchiometrische Aufgabensammlung von Dr. Wilh. Bahrdt, Oberl. an der Oberrealschule in Groß-Lichterfelde. Mit den Resultaten. Nr. 452.

Straßenbahnen von Dipl.-Ing. August Boshart in Nürnberg. Mit 68 Abbildungen. Nr. 559.

Strategie von Löffler, Major im Kgl. Sächs. Kriegsmin. in Dresden. Nr. 505.

Digitized by Google

Ströme und Spannungen in Starkstromnetzen v. Jos. Herzog, Dipl.-Elektroingenieur in Budapest u. Clarence Feldmann, Professor der Elektrotechnik in Delft. Mit 68 Abb. Nr. 456.

Südseegebiet. Die deutschen Kolonien II: Das Südseegebiet und Kiautschou von Prof. Dr. K. Dove. M. 16 Taf. u. 1 lithogr. Karte. Nr. 520.

Talmud. Die Entstehung d. Talmuds v. Dr. S. Funk in Boskowitz. Nr. 479.

Technisch-Chemische Analyse v. Dr. G. Lunge, Prof. a. d. Eidg. Polytechn. Schule i. Zürich. Mit 16 Abb. Nr. 195.

Technisches Wörterbuch, enthaltend die wichtigsten Ausdrücke des Maschinenbaues, Schiffbaues und der Elektrotechnik von Erich Krebs in Berlin.
I. Teil: Deutsch-Englisch. Nr. 395.
— — II. Teil: Englisch-Deutsch. Nr. 396.
— — III. Teil: Deutsch-Französ. Nr. 453.
— — IV. Teil: Französ.-Deutsch. Nr. 454.

Technologie, Allgemeine chemische, von Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. Nr. 113.

— **Mechanische,** v. Geh. Hofrat Prof. A. Lüdicke i. Braunschweig. Nr. 340, 341.

Teerfarbstoffe, Die, mit besond. Berücksichtigung der synthetischen Methoden v. Dr. Hans Bucherer, Prof. a. d. Königl. Techn. Hochschule, Dresden. Nr. 214.

Telegraphenrecht von Postinspektor Dr. jur. Alfred Wolcke in Bonn. I: Einleitung. Geschichtliche Entwicklung. Die Stellung des deutschen Telegraphenwesens im öffentlichen Rechte, allgemeiner Teil. Nr. 509.

— — II: Die Stellung des deutsch. Telegraphenwesens im öffentlichen Rechte, besonderer Teil. Das Telegraphen-Strafrecht. Rechtsverhältnis der Telegraphie zum Publikum. Nr. 510.

Telegraphie, Die elektrische, v. Dr. Lud. Kellstab. Mit 19 Fig. Nr. 172.

Testament. Die Entstehung des Alten Testaments von Lic. Dr. W. Staerk, Prof. a. d. Univ. Jena. Nr. 272.

— **Die Entstehung des Neuen Testaments** von Professor Lic. Dr. Carl Clemen in Bonn. Nr. 285.

Textil-Industrie. I: Spinnerei und Zwirnerei von Prof. Max Gürtler, Geh. Regierungsrat im Kgl. Landesgewerbeamt, Berlin. M. 39 Fig. Nr. 184.

Textil-Industrie. II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- u. Gardinenfabrikation u. Filzfabrikation v. Prof. M. Gürtler, Geh. Regierungsr. i. Kgl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 29 Figuren. Nr. 185.

— **III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe** von Dr. Wilh. Massot, Prof. a. d. Preuß. höheren Fachschule für Textilindustrie in Krefeld. Mit 28 Figuren. Nr. 186.

Thermodynamik (Technische Wärmelehre) v. K. Walther u. M. Röttinger, Diplom-Ingen. M. 54 Fig. Nr. 242.

– **Die thermodynamischen Grundlagen der Wärmekraft- und Kältemaschinen** von M. Röttinger, Diplom-Ingenieur in Mannheim. Nr. 2.

Thüringische Geschichte von Dr. Ernst Devrient in Leipzig. Nr. 352.

Tierbiologie. Abriß der Biologie der Tiere von Dr. Heinrich Simroth, Prof. an der Univ. Leipzig. Nr. 131.

Tiere, Entwicklungsgeschichte der, von Dr. Johs. Meisenheimer, Professor der Zoologie an der Universität Jena. I: Furchung, Primitivanlagen, Larven, Formbildung, Embryonalhüllen. Mit 48 Figuren. Nr. 378.

— — II: Organbild. M. 46 Fig. Nr. 379.

Tiergeographie v. Dr. Arnold Jacobi, Prof. der Zoologie a. d. Kgl. Forstakademie zu Tharandt. M. 2 Kart. Nr. 218.

Tierkunde von Dr. Franz v. Wagner, Professor an der Universität Graz. Mit 78 Abbildungen. Nr. 60.

Tierreich, Das, I: Säugetiere von Oberstudienr. Prof. Dr. Kurt Lampert, Vorst. d. Kgl. Naturalienkabinetts in Stuttgart. Mit 15 Abbild. Nr. 282.

— **III: Reptilien und Amphibien** von Dr. Franz Werner, Professor a. d. Univ. Wien. Mit 48 Abb. Nr. 383.

— **IV: Fische** von Professor Dr. Max Rauther in Neapel. Nr. 356.

— **VI: Die wirbellosen Tiere** von Dr. Ludwig Böhmig, Professor der Zoologie an der Universität Graz. I: Urtiere, Schwämme, Nesseltiere, Rippenquallen und Würmer. Mit 74 Figuren. Nr. 439.

— — II: Krebse, Spinnentiere, Tausendfüßer, Weichtiere, Moostierchen, Armfüßer, Stachelhäuter und Manteltiere. Mit 97 Figuren. Nr. 440.

Digitized by Google

Tierzuchtlehre, Allgemeine und spezielle, von Dr. Paul Rippert in Essen. Nr. 228.

Tischler- (Schreiner-) Arbeiten I: Materialien. Handwerkszeuge, Maschinen, Einzelverbindungen, Fußböden, Fenster, Fensterladen, Treppen, Aborte von Prof. E. Viehweger, Architekt in Köln. Mit 628 Fig. auf 75 Tafeln. Nr. 502.

Togo. Die deutschen Kolonien I: Togo und Kamerun von Prof. Dr. Karl Dove. Mit 16 Tafeln und einer lithographischen Karte. Nr. 441.

Toxikologische Chemie von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. Mit 6 Abbildungen. Nr. 465.

Trigonometrie, Ebene u. sphärische, von Professor Dr. Gerh. Hessenberg in Breslau. Mit 70 Fig. Nr. 99.

Tropenhygiene von Medizinalrat Professor Dr. Nocht, Direktor des Instituts für Schiffs- und Tropenkrankheiten in Hamburg. Nr. 369.

Trust. Kartell und Trust von Dr. S. Tschierschky in Düsseldorf. Nr. 522.

Turnkunst, Geschichte der, von Dr. Rudolf Gasch, Prof. a. König Georg-Gymnas. Dresden. M. 17 Abb. Nr. 504.

Ungarn. Landeskunde von Österreich-Ungarn von Dr. Alfred Grund, Professor an der Universität Berlin. Mit 10 Textillustr. u. 1 Karte. Nr. 244.

— **Geschichte der ungarischen Literatur** von Dr. Ludwig Katona, Professor an der Universität Budapest und Dr. Franz Szinnyei, Dozent an der Universität Budapest. Nr. 550.

Unterrichtswesen. Geschichte des deutschen Unterrichtswesens von Prof. Dr. Friedrich Seiler, Direktor des Königl. Gymnasiums zu Luckau. I. Teil: Von Anfang an bis zum Ende des 18. Jahrhunderts. Nr. 275.

— — **II.** Teil: Vom Beginn d. 19. Jahrhund. bis auf die Gegenwart. Nr. 276.

Untersuchungsmethoden, Agrikulturchemische, von Professor Dr. Emil Haselhoff, Vorsteher der landwirtschaftlichen Versuchsstation in Marburg in Hessen. Nr. 470.

Urgeschichte der Menschheit von Dr. Moriz Hoernes, Prof. an der Univ. Wien. Mit 53 Abbildungen. Nr. 42.

Urheberrecht, Das, an Werken der Literatur und der Tonkunst, das Verlagsrecht und das Urheberrecht an Werken der bildenden Künste und Photographie von Staatsanwalt Dr. F. Schlittgen in Chemnitz. Nr. 361.

— **Das deutsche,** an literarischen, künstlerischen und gewerblichen Schöpfungen, mit besonderer Berücksichtigung der internationalen Verträge von Dr. Gustav Rauter, Patentanwalt in Charlottenburg. Nr. 263.

Vektoranalysis von Dr. Siegfr. Valentiner, Professor an der Bergakademie in Clausthal. Mit 11 Fig. Nr. 354.

Veranschlagen, Das, im Hochbau. Kurzgefaßtes Handbuch über das Wesen des Kostenanschlags von Architekt Emil Beutinger, Assistent a. d. Techn. Hochsch. in Darmstadt. Mit vielen Fig. Nr. 385.

Vereinigte Staaten. Landeskunde der Vereinigten Staaten von Nordamerika von Professor Heinrich Fischer, Oberlehrer am Luisenstädt. Realgymnasium in Berlin. I. Teil. Mit 22 Karten und Figuren im Text und 14 Tafeln. Nr. 381.

— — II. Teil: Mit 3 Karten im Text, 17 Taf. u. 1 lithogr. Karte. Nr. 382.

Vergil. Die Gedichte des P. Vergilius Maro. In Auswahl mit einer Einleitung und Anmerkungen herausgegeben von Dr. Julius Ziehen. I: Einleitung und Aeneis. Nr. 497.

Vermessungskunde von Diplom-Ing. P. Werkmeister, Oberlehrer an der Kaiserl. Technischen Schule in Straßburg i. E. I: Feldmessen und Nivellieren. Mit 146 Abb. Nr. 468.

— — **II:** Der Theodolit. Trigonometrische u. barometrische Höhenmessung. Tachymetrie. Mit 109 Abb. Nr. 469.

Versicherungsmathematik von Dr. Alfred Loewy, Professor an der Universität Freiburg i. B. Nr. 180.

Versicherungswesen, Das, von Dr. iur. Paul Moldenhauer, Professor der Versicherungswissenschaft an der Handelshochschule Köln. I: Allgemeine Versicherungslehre. Nr. 262.

Völkerkunde von Dr. Michael Haberlandt, k. und k. Kustos der ethnogr. Sammlung des naturhistor. Hofmuseums und Privatdozent an der Universität Wien. Mit 56 Abbildungen. Nr. 73.

Digitized by Google

Völkernamen. Länder- u. Völkernamen von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 478.

Volksbibliotheken (Bücher- und Lesehallen), ihre Einrichtung und Verwaltung von Emil Jaeschke, Stadtbibliothekar in Elberfeld. Nr. 332.

Volkslied, Das deutsche, ausgewählt und erläutert von Professor Dr. Jul. Sahr. 2 Bändchen. Nr. 25, 132.

Volkswirtschaftslehre von Dr. Carl Johs. Fuchs, Professor an der Universität Tübingen. Nr. 133.

Volkswirtschaftspolitik v. Präsident Dr. R. von der Borght, Berlin. Nr. 177.

Wahrscheinlichkeitsrechnung von Dr. Franz Hack, Professor am Eberhard-Ludwigs-Gymnasium i. Stuttgart. Mit 15 Figuren im Text. Nr. 508.

Waldeck. Landeskunde des Großherzogtums Hessen, der Provinz Hessen-Nassau und des Fürstentums Waldeck von Professor Dr. Georg Greim in Darmstadt. Mit 13 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 376.

Waltharilied, Das, im Versmaße der Urschrift übersetzt und erläutert von Prof. Dr. H. Althof, Oberlehrer am Realgymnasium in Weimar. Nr. 46.

Walther von der Vogelweide, mit Auswahl aus Minnesang u. Spruchdichtung. Mit Anmerkungen und einem Wörterbuch von Otto Güntter, Prof. an der Oberrealschule und an der Techn. Hochsch. in Stuttgart. Nr. 23.

Warenkunde v. Dr. Karl Hassack, Prof. und Leiter der k. k. Handelsakademie in Graz. I. Teil: Unorganische Waren. Mit 40 Abbildungen. Nr. 222.

— — II. Teil: Organische Waren. Mit 36 Abbildungen. Nr. 223.

Warenzeichenrecht, Das. Nach dem Gesetz z. Schutz der Warenbezeichnungen vom 12. Mai 1894. Von Reg.-R. J. Neuberg, Mitglied des Kaiserlichen Patentamts zu Berlin. Nr. 360.

Wärme. Theoretische Physik II. T.: Licht u. Wärme. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Techn. Hochschule Wien. Mit 47 Abbildungen. Nr. 77.

Wärmekraftmaschinen. Die thermodynamischen Grundlagen der Wärmekraft- u. Kältemaschinen von M. Röttinger, Diplom-Ingenieur in Mannheim. Mit 73 Figuren. Nr. 2.

Wärmelehre, Technische, (Thermodynamik) von K. Walther und M. Röttinger, Diplom-Ingenieure. Mit 54 Figuren. Nr. 242.

Wasser, Das, und seine Verwendung in Industrie und Gewerbe v. Dr. Ernst Leher, Dipl.-Ing. in Saalfeld. Mit 15 Abbild. Nr. 261.

Wasser und Abwässer. Ihre Zusammensetzung, Beurteilung u. Untersuchung von Prof. Dr. Emil Haselhoff, Vorsteher der landwirtschaftl. Versuchsstation i. Marburg i. Hessen. Nr. 473.

Wasserinstallationen. Gas- und Wasserinstallationen mit Einschluß der Abortanlagen von Professor Dr. phil. und Dr.-Ingen. Eduard Schmitt in Darmstadt. Mit 119 Abbildungen. Nr. 412.

Wasserturbinen, Die, von Dipl.-Ing. P. Holl in Berlin. I: Allgemeines. Die Freistrahlturbinen. Mit 113 Abbildungen. Nr. 541.

— — II: Die Überdruckturbinen. Die Wasserkraftanlagen. Mit 102 Abbildungen. Nr. 542.

Wasserversorgung der Ortschaften von Dr.-Ing. Robert Weyrauch, Professor an der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart. Mit 85 Fig. Nr. 5.

Wechselstromerzeuger von Ing. Karl Pichelmayer, Professor an der K. K. Technischen Hochschule Wien. Mit 40 Figuren. Nr. 547.

Wechselwesen, Das, v. Rechtsanw. Dr. Rudolf Mothes in Leipzig. Nr. 103.

Wehrverfassung, Deutsche, von Geh. Kriegsrat Karl Endres, vortr. Rat im Kriegsministerium i. München. Nr. 401.

Wettbewerb, Der unlautere, von Rechtsanwalt Dr. Martin Wassermann in Hamburg. I: Generalklausel, Reklameauswüchse, Ausverkaufswesen, Angestelltenbestechung. Nr. 339.

— — II: Kreditschädigung, Firmen- und Namenmißbrauch, Verrat von Geheimnissen, Ausländerschutz. Nr. 535.

Wirbellose Tiere. Das Tierreich VI: Die wirbellosen Tiere von Dr. Ludwig Böhmig, Prof. der Zoologie an der Universität Graz. I: Urtiere, Schwämme, Nesseltiere, Rippenquallen und Würmer. Mit 74 Fig. Nr. 430.

Digitized by Google

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06448 7583

Wirbellose Tiere. Das Tierreich **Die wirbellosen Tiere** von Ludwig Böhmig, Prof. der Zool. an der Universität Graz. II: Krebse, Spinnentiere, Tausendfüßer, Weichtiere, Moostierchen, Armfüßer, Stachelhäuter und Manteltiere. Mit 97 Figuren, Nr. 440.

Wirtschaftspflege. Kommunale Wirtschaftspflege von Dr. Alfons Rieß, Magistratsass. i. Berlin. Nr. 534.

Wohnungsfrage, Die, v. Dr. L. Pohle, Professor der Staatswissenschaften zu Frankfurt a. M. I: Das Wohnungswesen in der modernen Stadt. Nr. 495.
— — II: Die städtische Wohnungs- und Bodenpolitik. Nr. 496.

Wörterbuch nach der neuen deutschen Rechtschreibung von Dr. Heinrich Klenz. Nr. 200.

— **Deutsches,** von Dr. Richard Loewe in Berlin. Nr. 64.

— **Technisches,** enthaltend die wichtigsten Ausdrücke des Maschinenbaues, Schiffbaues und der Elektrotechnik von Erich Krebs in Berlin. I. Teil: Deutsch-Englisch. Nr. 395.
— — II. Teil: Englisch-Deutsch. Nr. 396.
— — III. Teil: Deutsch-Französ. Nr. 453.
— — IV. Teil: Französ.-Deutsch. Nr. 454.

Württemberg. Württembergische Geschichte v. Dr. Karl Weller, Prof. a. Karlsgymnas. i. Stuttgart. Nr. 462.

— **Landeskunde des Königreichs Württemberg** von Dr. K. Hassert, Professor der Geographie an der Handelshochschule in Köln. Mit 16 Vollbildern und 1 Karte. Nr. 157.

Zeichenschule von Professor K. Kimmich in Ulm. Mit 18 Tafeln in Ton-, Farben- und Golddruck und 200 Voll- und Textbildern. Nr. [illegible]

[illegible] bearbeitet von Prof. J. Vonderlinn, Direktor der königl. Baugewerkschule zu Münster. Mit 290 Figuren und 23 Tafeln im Text. Nr. 58.

Zeitungswesen, Das deutsche, v. Dr. Rob. Brunhuber, Köln a. Rh. Nr. 400.

— **Das moderne,** (Syst. d. Zeitungslehre) von Dr. Robert Brunhuber in Köln a. Rh. Nr. 320.

Zeitungswesens, Allgemeine Geschichte des, von Dr. Ludwig Salomon in Jena. Nr. 351.

Zentral-Perspektive von Architekt Hans Freyberger, neu bearbeitet von Professor J. Vonderlinn, Direktor der Kgl. Baugewerkschule in Münster i. W. Mit 132 Figuren. Nr. 57.

Zimmerarbeiten von Carl Opitz, Oberlehrer an der Kaiserl. Technisch. Schule in Straßburg i. E. I: Allgemeines, Balkenlagen, Zwischendecken u. Deckenbildungen, hölzerne Fußböden, Fachwerkswände, Hänge- und Spre[illegible] werke. Mit 169 Abbild. Nr. [illegible]
— — II: Dächer, Wandbeklei[illegible] Simsschalungen, Block-, Bo[illegible] Bretterwände, Zäune, T[illegible] Tribünen und Bau[illegible] [illegible]it 167 Abbildungen. [illegible]

Zivilprozeßrecht, [illegible], von Professor Dr. W[illegible] [illegible]n Straßburg i. E. 3[illegible] [illegible] 428—430.

Zoologie, Ge[illegible], von Prof. Dr. Rud. [illegible] Nr. 357.

Zündwar[illegible] [illegible]ektor Dr. Alfons Bujar[illegible] [illegible]o des Städtischen Ch[illegible] [illegible]oratoriums in Stutt[illegible] [illegible]9.

Z[illegible] **[illegible]eigerung, Die, und die** [illegible]**sverwaltung** von Dr. F. [illegible]mar, Oberlandesgerichtsrat in [illegible]den. Nr. 523.

Weitere Bä[illegible] **in Vorbereitung.**

Digitized by Google

GJG
17
85